

# PROCEEDING BOOK



## 2<sup>nd</sup> INTERNATIONAL EURASIAN CONFERENCE ON SCIENCE, ENGINEERING AND TECHNOLOGY (EurasianSciEnTech 2020)

07-09 October 2020  
Gaziantep / Turkey

ISBN: 978-605-69426-2-4

**EurasianSciEnTech 2020**

[www.eurasiansciencetech.org](http://www.eurasiansciencetech.org)

---

2<sup>nd</sup> International Eurasian Conference on  
**Science, Engineering and Technology**  
(EurasianSciEnTech 2020)  
October 07-09, 2020 / Gaziantep, Turkey  
[www.EurasianSciEnTech.org](http://www.EurasianSciEnTech.org)

# PROCEEDING BOOK

**Editor**

Prof. Dr. Muhittin DOĞAN

**Associate Editor**

Assist. Prof. Dr. Mustafa PEHLIVAN

**Copyright © 2020**

**ISBN: 978-605-69426-2-4**

**Publication Date: December 2020**

All rights reserved. The right to publish this book belongs to EurasianSciEnTech 2020. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without permission. This Proceeding Book has been published as an electronic publication (e-book). Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

**Authors are responsible for the contents of their papers.**

**Congress Web Page**

[www.eurasiansciencetech.org](http://www.eurasiansciencetech.org)

**E-mail**

[info@eurasiansciencetech.org](mailto:info@eurasiansciencetech.org)



### **Honorary President**

**Prof. Dr. Arif ÖZAYDIN**

**Rector of Gaziantep University, Turkey**

### **Chairman of Conference**

**Prof. Dr. Muhittin DOĞAN**

**Gaziantep University, Turkey**

### **Organizing Committee**

**Prof. Dr. Ahmet Necmeddin YAZICI**

**Gaziantep University, Turkey**

**Prof. Dr. Hüseyin ZENGİN**

**Gaziantep University, Turkey**

**Prof. Dr. Mehmet Cengiz TAPLAMACIOĞLU**

**Gazi University, Turkey**

**Prof. Dr. Melda ÇARPINLIOĞLU**

**Gaziantep University, Turkey**

**Prof. Dr. Mohammed A. Ibrahim SHARAF**

**Istanbul University-Cerrahpaşa, Turkey**

**Prof. Dr. Mustafa GÜNAL**

**Gaziantep University, Turkey**

### **General Coordinator**

**Assist. Prof. Dr. Mustafa PEHLİVAN**

**Gaziantep University, Turkey**

### **International Scientific Committee\***

**Prof. Dr. Abuzer ÇELEKLİ**

**Gaziantep University, Turkey**

**Prof. Dr. Adnan QADIR**

**NED University of Engineering & Technology,  
Pakistan**

**Prof. Dr. Ahmet ŞEKEROĞLU**

**Niğde Ömer Halisdemir University, Turkey**

**Prof. Dr. Ali BİLGİLİ**

**Ankara University, Turkey**

**Prof. Dr. Ali Fırat ÇABALAR**

**Gaziantep University, Turkey**

**Prof. Dr. Ali Tuncay ÖZYILMAZ**

**Hatay Mustafa Kemal University, Turkey**

**Prof. Dr. Alpaslan DAYANGAÇ**

**Osmaniye Korkut Ata University, Turkey**

**Prof. Dr. Ayşe AYDOĞDU**

**Gazi University, Turkey**

**Prof. Dr. Azize AYOL**

**Dokuz Eylül University, Turkey**

**Prof. Dr. Bengi USLU**

**Ankara University, Turkey**

**Prof. Dr. Berna DENGİZ**

**Baskent University, Turkey**

**Prof. Dr. Bushra MIRZA**

**Quaid-i-Azam University, Pakistan**

**Prof. Dr. Bülent AKAY**

**Ankara University, Turkey**

**Prof. Dr. Bülent KABAK**

**Hitit University, Turkey**

**Prof. Dr. Bülent YEŞİLATA**

**Harran University, Turkey**

**Prof. Dr. Canan CAN**

**Gaziantep University, Turkey**

**Prof. Dr. Cihangir DURAN**

**Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey**

**Prof. Dr. Deniz UZUNSOY**

**Bursa Technical University, Turkey**

**Prof. Dr. Dilek ERDİRENÇELEBİ**

**Konya Technical University, Turkey**

**Prof. Dr. Ebru ŞENADIM TÜZEMEN**

**Cumhuriyet University, Turkey**

**Prof. Dr. Ebru ŞENEL**

**Ankara University, Turkey**

**Prof. Dr. Ergun ERÇELEBİ**

**Gaziantep University, Turkey**

**Prof. Dr. Erol ATAY**

**Hatay Mustafa Kemal University, Turkey**

**Prof. Dr. Fakhru'l Razi bin Ahmadun**

**National Defence University Malaysia, Malaysia**

**Prof. Dr. Faruk KARADAĞ**

**Çukurova University, Turkey**

**Prof. Dr. Fatma Suna BALCI**

**Gazi University, Turkey**

**Prof. Dr. Ferruh ERDOĞDU**

**Ankara University, Turkey**

Prof. Dr. Gıyasettin KAŞIK	Selçuk University, Turkey
Prof. Dr. Gul Majid Khan	Quaid-i-Azam University, Pakistan
Prof. Dr. Gülay ZENGİN	Gaziantep University, Turkey
Prof. Dr. Hüseyin CANBOLAT	Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey
Prof. Dr. Kerim KÜÇÜK	Dokuz Eylül University, Turkey
Prof. Dr. Mehmet SARI	Aksaray University, Turkey
Prof. Dr. Medeni MASKAN	Gaziantep University, Turkey
Prof. Dr. Mehmet TOPALBEKİROĞLU	Gaziantep University, Turkey
Prof. Dr. Meltem SARIOĞLU CEBEÇİ	Cumhuriyet University, Turkey
Prof. Dr. Muhammad Ansar	Quaid-i-Azam University, Pakistan
Prof. Dr. Murat KÜTÜK	Gaziantep University, Turkey
Prof. Dr. Mustafa ÇİĞDEM	Yıldız Technical University, Turkey
Prof. Dr. Neriman BAĞDATLIOĞLU	Celal Bayar University, Turkey
Prof. Dr. Nil TOPLAN	Sakarya University, Turkey
Prof. Dr. Niyazi ŞAHİN	Ankara Yıldırım Beyazıt University, Turkey
Prof. Dr. Nuri ÖZALP	Ankara University, Turkey
Prof. Dr. Olcayto KESKİNKAN	Çukurova University, Turkey
Prof. Dr. Osman GÜLNAZ	Çukurova University, Turkey
Prof. Dr. Oya BOZDAĞ DÜNDAR	Ankara University, Turkey
Prof. Dr. Ozan TEKİNALP	Middle East Technical University, Turkey
Prof. Dr. Ramazan KOÇ	Gaziantep University, Turkey
Prof. Dr. Recep YUMRUTAŞ	Gaziantep University, Turkey
Prof. Dr. Sarwat Jahan	Quaid-i-Azam University, Pakistan
Prof. Dr. Serap ULUSAM SEÇKİNER	Gaziantep University, Turkey
Prof. Dr. Sibel YILDIZ	Karadeniz Technical University, Turkey
Prof. Dr. Siti Khairunniza bt. Bejo	Universiti Putra Malaysia, Malaysia
Prof. Dr. Şule UĞUR	Gazi University, Turkey
Prof. Dr. Ümmühan ÖZDEMİR ÖZMEN	Gazi University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Abd. Rahim Abu TALİB	Universiti Putra Malaysia, Malaysia
Assoc. Prof. Dr. Adnan BOZDOĞAN	Osmaniye Korkut Ata University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Ahmet EKİCİBİL	Çukurova University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Ali Osman AYAŞ	Adıyaman University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Ashıhan DEMİRDÖVEN	Tokat Gaziosmanpaşa University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Aycan TOSUNOĞLU	Uludağ University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Ayla UYSAL	Süleyman Demirel University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Aysel GÜVEN	Baskent University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Ayşe AVCI	Sakarya University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Ayşe BEDELOĞLU	Bursa Technical University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Başak HANEDAN	Atatürk University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Bülent YANIKTEPE	Osmaniye Korkut Ata University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Dian Darina Indah Binti Daruis	Universiti Putra Malaysia, Malaysia
Assoc. Prof. Dr. Didem ÖZÇİMEN	Yıldız Technical University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Fatma MEYDANERİ TEZEL	Karabuk University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Işık Didem KARAGÖZ	Gaziantep University, Turkey

Assoc. Prof. Dr. Mahmoud HAFEZİEH	Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Iran
Assoc. Prof. Dr. Mohammad SUDAGAR	Gorgan University, Iran
Assoc. Prof. Dr. Muhammad Mohsin Amman	NED University of Engineering & Technology, Pakistan
Assoc. Prof. Dr. Mustafa AKYOL	Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Necati OLGUN	Gaziantep, University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Nemanja Kašiković	University of Novi Sad, Serbia
Assoc. Prof. Dr. Rani Faryal Faheem Tahir	Quaid-i-Azam University, Pakistan
Assoc. Prof. Dr. Roselina Arelhi	University of Nottingham, Malaysia
Assoc. Prof. Dr. Sadaf Zaidi	Aligarh Muslim University, India
Assoc. Prof. Dr. Selma DÜZYOL	Konya Technical University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Sezgin AYDIN	Gazi University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Tayfun DEDE	Karadeniz Technical University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Tevfik AĞAÇAYAK	Konya Technical University, Turkey
Assoc. Prof. Dr. Tugay AYAŞAN	Osmaniye Korkut Ata University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Ash GİRAY KURT	Alanya Alaaddin Keykubat University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Azhar RASUL	Government College University, Pakistan
Assist. Prof. Dr. Bilge İMER	Middle East Technical University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Ebru SARALOĞLU GÜLER	Başkent University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Halil İbrahim DEMİR	Sakarya University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Levent ÇOLAK	Baskent University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Mehmet YALÇIN	Hatay Mustafa Kemal University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Özge TUFAN ÇETİN	Akdeniz University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Poonam Agarwal	Jawaharlal Nehru University, India
Assist. Prof. Dr. Shahram DADGAR	Iranian Fisheries Sciences Research Institute, Iran
Dr. Aainaa Izyan Nafsun	Universiti Putra Malaysia, Malaysia
Dr. Lim Kar Sing	Universiti Malaysia Pahang, Malaysia

\*This list is arranged in alphabetical order.

#### Conference Secretariats

Assist. Prof. Dr. Celal BAL	Gaziantep University, Turkey
Assist. Prof. Dr. Demet DOĞAN	Gaziantep University, Turkey
Gülcan ÇINAR	Gaziantep University, Turkey

---

## CONTENTS

<b>1. KEYNOTE SPEAKERS</b> .....	1
Türkiye'nin Arktik ve Antarktik bilimsel çalışmalarındaki vizyonu.....	2
Türkiye'nin Doğu Akdeniz Hidrokarbon Arama Stratejisinin Değerlendirilmesi.....	3
<b>2. FULL-TEXT PAPERS</b> .....	4
<b>2.1. ORAL PRESENTATIONS</b> .....	4
Comparative study of composted <i>Grevillea robusta</i> -paspalum and <i>Alnus acuminata</i> -paspalum biomasses	5
Electro-peroxydisulfate oxidation of concentrated leachate: Optimization of color removal using CCD .	12
Influence Different Parameters on Mix Design of Geopolymer Mortar Under Ambient Curing Condition	21
Investigation of the effect of alpha hemihydrate on early age strength and strength development of calcium aluminate cement .....	28
Damage processes in fiber reinforced concrete based on acoustic emission technique .....	33
Thermodynamic performance analysis of geothermal and solar energy assisted power generation and residential heating system .....	39
Self-propagating room temperature synthesis of SDC20 oxide-ion conductor ceramics for solid oxide fuel cells .....	46
Değişken kesitli aksisimetrik parçaların çift taraflı hidroşekillendirilmesinin sonlu elemanlar analiziyle modellenmesi.....	52
Silindirik parçaların çift taraflı hidroşekillendirilmesi için bir tip-2 bulanık mantık algoritmasının geliştirilmesi.....	58
Deprem ve zemin özelliklerinin tek boyutlu dinamik davranışa etkisi .....	66
Çift yönlü şekil hafızalı alaşımların eğitim metotları.....	74
Nutrasötikler ve fitokimyasallar: Biyoaktif özellikleri ve sağlık üzerine etkileri .....	82
Yüzey sularından doğal organik madde hümik asitin gideriminde PVDF membran ile filtrasyon uygulaması .....	88
Investigation of the effect of special purpose printing pastes on fabric color values.....	95
A green multicomponent synthesis of pyrimido[4,5- <i>b</i> ]quinoline derivatives.....	100
Drought assessment by reconnaissance drought index in the euphrates river valley, Turkey .....	107
Analysing the climate change effects on break point of temperature data .....	115
Fine-kinney risk analysis study in fuel laboratory with expert system implementation.....	123
Radar ve elektronik harp projelerinde “görev planlama” yazılımları için yazılım ürün hattı mimarisi kapsamında yeniden kullanılabilirlik yöntemlerinin uygulanması.....	130
Yarım köprü LLC rezonans dönüştürücünün analizi .....	135
Bayan dış giyiminde üretim akışı ve zamanlarının analizi.....	143

Spor giyim üretiminde üretim zamanlarının ve iş akışlarının belirlenmesi .....	151
UW-OFDM'in Rayleigh ve Rician sönümlenmeli kanallardaki BHO başarımının benzetimi .....	159
Synthesis of thiophen substitue 5,6-dihydrobenzoquinazolin-2-amine compounds .....	167
Beslenmenin ruh sağlığı ve bağırsak mikrobiyotası üzerine etkileri .....	170
Farklı elma çeşitlerinin kabuklarındaki antidiyabetik ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi.....	176
Molecular evidence on the anti-inflammatory effect of <i>Capparis ovata</i> water extract (COWE) used in the treatment of multiple sclerosis .....	183
Derin öğrenmeyle hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasında başarımla iyileştirme parametrelerinin etkisinin analizi.....	189
Gübre fabrikasında 5x5 L Tipi Matris Metoduyla Risk Analizi.....	196
A study for smart solar systems managing by artificial intelligence, Yapay zeka ile yönetilen akıllı güneş sistemlerine ilişkin bir çalışma .....	203
Computation and visualization of physics equations .....	211
Investigation of the effect of spiral mini pin fins on the forced convective heat transfer from a heat sink .....	218
The effect of impregnation rate on surface area in the preparation of activated carbon from industrial processed red pepper waste .....	225
Investigating the effect of different activation temperature in nanoporous carbon production from industrial processed red pepper waste .....	229
Sinyal bozucu için 2.4 GHz merkez frekanslı taramalı osilatör tasarımı.....	233
Vegan beslenmede yeni yaklaşımlar .....	239
Çok amaçlı tesis yerleşim düzeni problemi için bir tavlama benzetimi algoritması .....	247
Analysis of aromatic pesticide residues in water samples by liquid-liquid extraction method .....	253
Determination of chlorinated cyclo hydrocarbon pesticide residues in water using quantitative and qualitative methods.....	261
Elektrikli araçlar için bir fazlı köprüsüz güç faktörü düzeltmeli şarj cihazı tasarımı.....	271
Ceviz ( <i>Juglans regia</i> L.) yapraklarının kloroform ekstresi ile fotokopi kağıdındaki gizli parmak izlerinin tespitine yönelik ilk sonuçlar .....	
Katalitik dönüştürücülerden PGM'lerin demir matı ile geri kazanımı sırasında oluşan cürufların tekrardan değerlendirilmesi.....	284
Blotch detection in archive films with rank ordered differences method based on visual saliency map .....	289
Nitrik oksit ve silisyum uygulamalarının meyvecilikte kuraklık üzerine etkileri.....	296
Meyve fidancılığında hümik asidin kullanım olanakları.....	303
Taşıtlarda frenleme durumlarında yakıt tüketimi ve fren kuvvetlerinin karşılaştırılması.....	309
Dizel motor enjektörlerinde titanyum nitrür kaplamanın deneysel olarak incelenmesi.....	315

Life cycle assessment for biogas/biomethane production.....	323
Enkapsüle karvakrol içeren hamurun kızartılmasında kullanılan ayçiçeği yağında 5-Hidroksimetilfurfural miktarının belirlenmesi.....	328
Türk Ege Denizinde dağılım gösteren yabancı balık türlerinin güncel durumu .....	333
Current state of art on the stability of the nanofluids .....	340
Effect of Different Fiber Types on Stress-Strain Curves of the Calcium Aluminate Cement Based Mortars .....	349
Sub-kritik etanol ve hidrodestilasyon ekstraksiyonları ile farklı bölgelere ait defne ( <i>Laurus nobilis</i> L.) yapraklarının kimyasal kompozisyonun kıyaslanması .....	353
Aktif karbon tozu üretiminde süreç değişkenlerinin nihai ürün özelliklerine etkisinin incelenmesi .....	357
Antep fıstığı ( <i>Pistacia vera</i> L.) dış kabuklarından çinko oksit nanopartikül sentezi, karakterizasyonu ve fotokatalitik aktivitesinin araştırılması.....	366
Trace element optimization in synthesis gas fermentation .....	374
Effect of Cryogenic Treatment on the structural evolution of the As-cast state of a HCrWCI.....	381
Place of plant production activity in the socio-economic structure of Çatma Village .....	386
Producer's behavior in adaption of lavender cultivation as an alternative product in Edirne province..	398
Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorun tasarımı ve mıknatıs malzeme ile kalınlıklarının değişimine göre analitik ile nümerik analizleri.....	405
Design and analysis of steel support structures used in photovoltaic (PV) solar panels (SPs): A case study in Turkey .....	415
Farklı boşluk tipine sahip soğuk şekillendirilmiş çelik kirişlerin çarpık burkulması .....	425
Reflected field by an offset-fed parabolic perfectly electric conducting reflector .....	431
Modeling and analysis of a fuzzy logic controlled microgrid operating in islanded mode .....	436
Genel cerrahın kabusu: Laparoskopik kolesistektomi sırasında ana safra yolu yaralanması .....	444
Çay şekeri (sakkaroz) tüketiminin insan sağlığı üzerine etkisi .....	450
Sofra tuzu (sodyum klorür) tüketiminin insan sağlığı üzerine etkisi.....	459
Gözenekli metalik malzeme üretiminde gözenek oranı ve küresellik arası ilişkinin incelenmesi .....	467
The place of metal foams in biomaterial applications .....	473
Bağışçıların kan bağıışı yapma olasılıkları analizi .....	480
Strengthening techniques and applications for reinforced concrete structures .....	485
Comparative study of solar cell energy harvesting with non-rotating and rotating platforms imitating sun tracking and non-tracking applications .....	493
Estimation of design effort of jigs and fixtures used in aviation industry by machine learning methods .....	500



Gıda israfını önlemek için istenilen ebat ve miktarda hassas kesme sağlayan akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi tasarımının geliştirilmesi.....	506
Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipi tasarımının geliştirilmesi.....	511
Patent veritabanı analizi ile küresel navigasyon uydu sisteminde akıllı ve rasgele bozulmalar .....	519
Laboratuvar koşullarında riskleri belirlemeye yönelik bir uygulama.....	527
Açık kaynak dağıtık kod geliştirme özelliklerinin GitHub'da kullanımı: Bir gerçek dünya örneği .....	532
Sosyal ağ akışlarında anomali olaylarının tespiti için kelime frekansı tabanlı bir yöntem .....	540
Asansörlerde kullanılan emniyet ekipmanlarının yerine makine emniyet ekipmanlarının kullanılması: İSO Standartları.....	546
DC motor hız kontrolü için PID denetleyici parametrelerinin PSO algoritması ile gerçek zamanlı optimizasyonu.....	557
Farklı sıcaklıklarda akımsız Ni-B kaplanan DKP sac malzemelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi....	564
The level and temporal changes of major air pollutants in Körfez, Kocaeli .....	569
Türkiye'de gıda denetimlerinde kamuoyu duyuruları(ifşa) .....	575
Mechanical properties of hydroxyapatite-SiC reinforced polyethylene.....	583
Tay besleme yönetimi.....	587
Konya kapalı havzasının maksimum akım değerlerinin trend analizi .....	594
Sabit mıknatıslı senkron motorun alan yönlendirmeli hız kontrolü .....	608
Türkiye madencilik sektöründe yaşanan iş güvenliği sorunları ve kaza maliyet analizleri.....	620
Konya Kapalı Havzasında Taşkın Tekerrür Debilerinin İstatistikî Yöntemlerle Analizi .....	628
Türkiye cüruf istatistiği ve cüruf geri dönüşümü .....	637
Çeşitli sıcak dövme kalıplarının hasar mekanizmalarının incelenmesi .....	647
Tornalama işlemlerinde çeşitli kesici takım uçlarının hasar mekanizmaları .....	655
İnşaat sektöründe işgücü verimliliği .....	662
Doğru akım motorunun bulanık mantık-PI kontrolör ile hız kontrol performansının iyileştirilmesi.....	668
Yazılım uygulamalarında kalitenin nicel metrikler ile değerlendirilmesi.....	676
Inhibitory effects of ethanolic extracts of yarrow against <i>Escherichia coli</i> O157:H7 at different incubation temperatures.....	686
Investigation of LPG Usage in Direct Injection Gasoline Engines with Fuel Stratified Injection .....	690
Inhibitory effects of ethanolic extracts of lavender against <i>Staphylococcus aureus</i> at different incubation temperatures.....	697
Inhibitory effects of ethanolic extracts of <i>Hypericum perforatum</i> , clary and propolis against <i>Escherichia coli</i> O157:H7 .....	701
Süt, meyve suyu ve besiyeri ortamlarında D-limonenin antibakteriyel etkisinin belirlenmesi .....	705

Optimization of directional coupler with machine learning for 900 MHz GSM band applications .....	711
Vakum tüplü güneş kollektörlerinin absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılabilme potansiyelinin araştırılması .....	717
Modal analysis of model steel bridge by finite element method.....	728
Modal analysis of steel test structure reinforced with cable elements by finite element method .....	735
Purolite S108 yüklü karma matris PVA membran ile atıksulardan borun gideriminde yenilikçi proses: Pervaporasyon .....	742
Investigation of heat transfer in a channel with a set of triangular prisms .....	748
Korunan sulak alanlarda kıyı kenar çizgisi/sit alanı sınırı - mülkiyet ilişkisinin değerlendirilmesi: Akşehir Gölü örneği .....	757
Kıyı kenar çizgisi- mülkiyeti kullanım ilişkisinde yaşanan sorunlar: Bodrum örneği.....	764
Jeopark olma niteliğine sahip alanların arazi yönetimi kapsamında değerlendirilmesi: Kula Jeoparkı örneği.....	772
Türkiye'de yetişen kuşburnu ( <i>Rosa canina</i> L.) meyvelerinin toplam fenolik içeriği, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi .....	779
A novel electronically tunable phase shifter design for GLONASS frequency band applications .....	786
Analysis of major maritime accidents of Turkish flagged ships .....	792
Yağ ayırmada grafen nanotabaka (GNP) dolgulu adsorptif membran üretimi ve uygulaması .....	800
AISI 430/HARDOX 450 çeliğinin çift taraflı TIG ark kaynağında metalurjik incelemeler .....	806
SVC'nin farklı çalışma koşullarındaki gerilim kararlılığı üzerindeki etkilerinin incelenmesi.....	811
Mikrodalga, infrared ve konvansiyonel kavurma işlemlerinin menengiç ( <i>Pistacia terebinthus</i> ) tohumlarının fiziksel özellikleri üzerine etkisi .....	819
Sosyal ağların dinamik yapılar ile modellenmesi ve analizi.....	827
Airlaid nonwoven üretim hattında geri dönüşüm lateks kullanımının ürün performansına etkilerinin incelenmesi .....	832
Aspir ( <i>Carthamus tinctorius</i> L., safflower) çiçeklerinden yeşil sentezle Ag katkılı nano ZnO eldesi, karakterizasyonu ve fotokatalitik aktivitesinin araştırılması.....	839
Evaluation of the second generation intact stability criteria of IMO .....	848
Baklagillerden elde edilen nişastaların bazı fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi .	857
Investigation of mechanical properties of hydrothermal carbon reinforced polymer matrix composites .....	866
Biological Potentials of <i>Helvella</i> Species.....	870
A review of biological activities of medicinal mushroom <i>Ganoderma</i> species .....	873
Elektroegirme yöntemiyle elde edilen kompozit protein nanofiberlerin gıda uygulamaları .....	880

Treatment of textile industry wastewater by sequential hybrid processes (photo-phenton, ultrafiltration (UF), reverse osmosis (RO)) and recovery of some dyes, salt and perfluoroalkyl sulfonate from the retentate.....	887
Treatment of leather industry wastewater with sequential forward osmosis (FO) and reverse osmosis (RO) hibrid prosesleri and recoveries of economical merit materials .....	899
Harran Ovası koşullarında farklı azot dozları ve su seviyelerinin pamuk ( <i>Gossypium hirsutum</i> L.) bitkisinde bazı fizyolojik parametrelere etkisi .....	908
Temporal and spatial distribution of tropospheric CO <sub>2</sub> over Aleppo based on AIRS during 2003-2016	917
Synthesis and applications of metal oxide and metal oxide/clay nanocatalysts by using hydrothermal synthesis method: A review .....	922
A review on the preparation of different clay types by the modified with surfactants.....	927
A planar circular shaped monopole antenna for UWB applications.....	933
A review on the use of the thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> ) aromatic plant, extract and essential oil components in aquaculture .....	942
The Amphibolite chemistry and BSE images of metamorphic sole in cataclastic metamorphism .....	950
Performance characteristics of six cylinder turbocharged CI engine fueled with ethanol-gasoline-diesel blends .....	958
Analysis of mycotoxins in foods using data from the rapid alert system for food and feed (RASFF).....	964
Can bus destekli sayısal takograf tasarımı ve gerçekleştirilmesi .....	972
Yerel ikili desenler öznitelik çıkarma yöntemini kullanarak göğüs CT imgelerinden covid-19 tespiti...	985
Operasyon öncesi anesteziyoloji polikliniğine başvuran çocuk hastalarda bitkisel ürün kullanım sıklığı .....	990
Farklı kaplama yöntemleri ile kalsitin yüzey modifikasyonu, kompaund üretimi ve mekanik özelliklerinin araştırılması .....	997
Kalsitin dikey karıştırmalı bilyalı değirmende kaplanması ve plastik kompozitte performansının araştırılması .....	1010
Skeletal deformities of gilthead sea bream ( <i>Sparus aurata</i> ) grown under various light intensities .....	1023
Investigation of the association of human antimicrobial peptides and human intestinal microbiota through bioinformatics tools .....	1029
Geri basamak akışlarında dış türbülansın akış ve ısı transferi üzerine etkileri.....	1035
2-Etilhekzil esterlerinin sentezi ve yağlayıcılık özelliklerinin incelenmesi .....	1043
Obez ve normal ağırlıktaki bireylerin besin etiketi okuma alışkanlıkları .....	1058
RF magnetron sıçratma yöntemi kullanılarak Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ince film büyütmede alttaş ve güç değişikliğinin filmlerin yapısal özelliklerine etkisi .....	1064
Termoplastik matrisli kompozit malzemenin kaynak ile birleştirme teknolojisinin patent veri tabanı analizi ile incelenmesi .....	1070
Havacılık ve uzay sanayiinde biyomimikri uygulamaları patent veri tabanı analizi .....	1077

Patent veri tabanı analizi: havacılık sektöründe radar soğurucu ve yıldırım çarpmasına karşı koruma sağlayan nano-malzemeler .....	1085
Effect of formulation and process parameters on quality characteristics of rice bread .....	1093
The evaluation of delirium developing in patients in a chest diseases hospital .....	1098
Deve sütünün süttozu üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması .....	1100
Tekstil tasarımında Nakış' ın yeri .....	1108
Cow Manure Biogas upgrading via h-BN nanoparticles .....	1114
Samsun'da COVID-19 kısıtlama döneminde partikül madde değişiminin izlenmesi .....	1120
DO-178B standardına uygun yazılımların doğrulama süreçlerinin analizi.....	1126
A study of some physical, chemical and microbiological properties of cooked chicken döner kebab sold in Kilis market.....	1132
Voltammetric detection of atrazine based on a pencil graphite electrode.....	1139
Üç fazlı buck tip PWM doğrultucunun modellenmesi .....	1143
Fen ve mühendislik eğitiminde süperiletkenlik ve eğitim amaçlı direnç-sıcaklık karakterizasyon sistemlerinin tasarım ölçütleri üzerine .....	1152
Polipropilen lifli betonun davranışı üzerine deneysel bir araştırma .....	1161
Plastics as ecotoxic agents.....	1170
Akçakoca denizel alanı taş dolgu dalgakıran tasarımı belirgin dalga yüksekliği elde etme yöntemleri.....	1174
Karadeniz Bölgesi yağış verilerinin parametrik olmayan trend analizi .....	1182
Plastik kirliliğinin sucul virüs ve bakteriler üzerine etkisi.....	1192
Effects of the gap size for buckling restrained brace with gusset connection .....	1197
Radioactive wastes and disposal .....	1203
Nuclear energy in the world.....	1207
Inhibitory effect of tarragon usage on the formation of heterocyclic aromatic amines in meatball preparation .....	1211
<i>In vitro</i> antidiabetic activity of methanolic extracts of some plant growing in Erzincan .....	1217
Quality in future e-learning systems .....	1221
Üç fazlı buck tip PWM doğrultucunun GSSA modeli.....	1226
Plakalı eşanjör üretim verilerinin makine öğrenmesi yöntemleriyle incelenmesi.....	1234
Havacılık sektöründe kritik sistemlerin yerleştirilmesinin önemi: Hidrolik sistemi örneği .....	1242
Kemik doku mühendisliğinde kullanılan nanoparçacıklar ve kompozit malzemeler .....	1250
Kanser tedavisinde kalsiyum fosfat nanoparçacıkların kullanımı.....	1254
Effect of Calciner Buner Geometry on Combustion Efficiency .....	1258
Green Manure for Soil Properties Improvement .....	1267

Potential Use of Industrial Plant Residues for Improving Soil Properties and Plant Growth .....	1275
<b>2.2. POSTER PRESENTATIONS .....</b>	<b>1284</b>
DPPH° scavenging activity of metals (Cu,Mg) decorated reduced graphene oxide at different stirring conditions.....	1285
Blood group definition by simulation of MEMS sensor .....	1291
Traction drive with PMS motor under torque and speed control (simulation model) .....	1297
Sitrik asit ile çapraz bağlanmış yeni nanofibril selüloz esaslı hidrojeller .....	1308
The place of metal foams in biomaterial applications .....	1316
Effects of different type carbon additives on the performance of negative lead acid battery electrode .....	1323



# 1. KEYNOTE SPEAKERS

---

## Türkiye'nin Arktik ve Antarktik bilimsel çalışmalarındaki vizyonu

Burcu Özsoy<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>TÜBİTAK MAM Kutup Araştırmaları Enstitüsü, Gebze - Kocaeli

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Denizcilik Fakültesi, Tuzla - İstanbul

### Özet

1513 tarihli Dünya'nın en önemli antik deniz haritalarından bir tanesi olan Piri Reis'in Dünya Haritası'nın günümüze uzanan bir parçası, günümüzdeki araştırmalar sayesinde Antarktika'ya yakın adaları çizmiş olduğunu belirtiyor. Bu vesileyle ülkemizin kutuplarda yaptığı çalışmalar beş yüzyıl öncesine dayanmaktadır. Bunun yanı sıra, 1959 yılında oluşturulan Antarktika Anlaşmasına ülkemiz 1995-1996 yılında taraf olmuş ve Cumhurbaşkanlığı himayelerinde 2017 yılından itibaren her sezon Ulusal Antarktika Bilim Seferi düzenlenmektedir.

Ülkemizin ilk Ulusal Kutup Bilimleri Programı 2018 – 2022 yıllarını kapsayacak şekilde düzenlenmiş; stratejik çalışmalar her yıl geliştirilmekte ve sürdürülmektedir. Bunun yanı sıra dünyadaki kıtalar arasında tek çevre koruma protokolüne sahip Antarktika; Madrid Protokolü sayesinde ülkemizin de taraf olduğu ülkelere korunmaktadır.

Bilimsel yetileri arasında ülkemiz uluslararası kutup birliklerine, konseylerine ve kuruluşlarına üyelik, toplantı takibi ve heyet gönderilmesi gibi konularda da çalışmaları titizlikle sürdürmektedir. Bilimin yanı sıra genç neslin kutup bilinci ile yetiştirilmesi kapsamında birçok etkinlik, seminer, çalıştay gerçekleştirilmiş ve ülkemizin İlk Kutup Bilim Evi de Tuzla Şelale Park'ta açılmıştır.

Güney Kutbunda yapılan bilimsel çalışmalar Kuzey Kutbu'na da taşınmaktadır. Hem Arktik hem de Antarktika'da bilimsel kapasitesini artırma hedefi doğrultusunda, TÜBİTAK çatısı altında Kutup Araştırmaları Enstitüsü kurularak ülkemizdeki kutup araştırmaları tek bir çatı altından koordineli şekilde yürütülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuzey Kutbu, Güney Kutbu, Arktik, Antarktika

## Türkiye'nin Doğu Akdeniz Hidrokarbon Arama Stratejisinin Değerlendirilmesi

Ergül YAŞAR

İskenderun Teknik Üniversitesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, Hatay

ergul.yasar@iste.edu.tr

### Özet

Türkiye'nin Doğu Akdeniz'deki stratejisi; küresel güçler ve Akdeniz kıyısı olan komşu ülkeler ile ilişkileri açısından düşünüldüğünde güvenliğini, çıkarlarını ve bağımsızlığını için zorunlu olarak yapması gereken adımlar şeklinde olmalıdır. Bu kapsamda, karasularını, kıta sahanlığını ve Münhasır Ekonomik Bölge (MEB) unsurlarını net bir şekilde belirleyerek hidrokarbon kaynaklarının araştırılması için sismik ve sondaj çalışmalarını sürdürmesi bir zorunluluktur. 1958'de, Kıta Sahanlığı ilk kez bir hukuki kavram olarak tanımlanarak devletlere bu alan içerisinde kalan denizdeki ve deniz altındaki topraklarda münhasır kullanım hakları verilmiştir. 1982'de imzalanan BMDHS ile devletlere kıta sahanlığıyla verilen haklar daha da geliştirilerek teamülen uygulanan Münhasır Ekonomik Bölge kavramı pozitif bir hak olarak düzenlenmiştir. Doğu Akdeniz'de Türkiye ve KKTC'nin deniz yetki alanları üzerindeki hak ve menfaatlerine zarar getirmeyecek şekilde, bölgede BM Deniz hukukundan kaynaklanan haklarını koruyarak Türkiye ve KKTC'nin güvenliği ve bağımsızlığı konusunda önemli bir irade ortaya konulmuştur. Bu amaçla, Türkiye hem kıta sahanlığından kaynaklanan hem de KKTC ile 2011 yılında yapmış olduğu anlaşma sonucunda Doğu Akdeniz'de sondaj programına başlamıştır. Fatih ve Yavuz gemileri ile sondaj çalışmalarını, Oruç Reis ve Barbaros Sismik gemileri ile de sismik çalışmaları yürütmektedir. Ülkemizin TANAP projesi ve Türk akımı ile Avrupa'nın doğalgaz enerji arz güvenliği açısından inisiyatifi ele alması düşünüldüğünden Kıbrıs Rum Yönetimi ve Yunanistan, İsrail gazını Avrupa'ya transfer etmek ve Türkiye'yi devre dışı bırakmak için EastMed olarak isimlendirilen doğal gaz boru hattı anlaşmasını Yunanistan'ın başkenti Atina'da İsrail, Yunanistan ve GKRY katılımıyla imzalanmıştır. Bu açıdan Doğu Akdeniz'de MEB ve Kıta sahanlığı deniz yetki alanlarının, Türkiye açısından çok büyük öneme sahip olduğu bir kez daha ortaya çıkmıştır.

Ülkemizin doğalgaz ve petrol ihtiyacı açısından olayı değerlendirecek olursak Doğu Akdeniz'de bugüne kadar çok sayıda hidrokarbon sahası keşfi yapılmış ve yeni sahaların bulunması içinde Türkiye dışında bir çok uluslararası şirketlerin dahil olduğu sondaj çalışmalarına başlanılmıştır. Bölgede İsrail doğalgaz üretimine geçmiş bulunmaktadır. Nil Deltası'nda, 1.763 milyar varil elde edilebilir petrol, 223 trilyon ayak küp doğalgaz ve 6 milyar varil sıvı gaz olduğu ifade edilmektedir. Ayrıca, Leviathan bölgesinde ise potansiyel olarak Amerikan Jeolojik Araştırma Merkezi (USGS) 2010 yılında yayınladığı rapora göre, Levant Havzası'nda toplamda 1,7 milyar varillik iki petrol rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Bölgede, büyük oranda denizde olan çıkarılabilir doğalgaz rezervinin 3,45 trilyon metreküp olduğu tahmin edilmektedir. Tamar bölgesindeki ilk büyük doğalgaz rezervi Hayfa'nın yaklaşık 90 kilometre açıklarında İsrail'in Münhasır Ekonomik Bölgesinde (MEB) keşfedilmiştir. 1700 metre derinlikte bulunan sahada, 280 milyar metreküp doğalgaz rezervi olduğu tahmin edilmektedir. Hayfa'dan 130 kilometre açıkta ve 1500 metre derinlikte bulunan doğalgaz rezervinin büyüklüğünün de 622 milyar metreküp olduğu tahmin edilmektedir. Bu sahadaki çıkarılabilir gaz miktarı, tek başına İsrail'in 40 yıllık ihtiyacını karşılamaya yeterli büyüklükte olduğu belirtilmiştir. Lübnan'a ait MEB'de yaklaşık 708 milyar metreküp doğalgaz bulunduğu tahmin edilmektedir. Mısır kıyılarından 150 kilometre açıkta bulunan Zohr sahasındaki doğalgaz rezervinin 849 milyar metreküp büyüklüğünde olduğu tahmin edilmektedir. İtalyan ENI firması tarafından yapılan keşfin ardından üretimin 2019 yılı sonunda başlaması ve yılda 30 milyar metreküp doğalgaz çıkarılması hedeflenmektedir. Afrodit olarak adlandırılan sahada, ortalama rezervi 198 milyar metreküp olan doğal gaz rezervuarı bulunmuştur. İtalyan ENI 2018 yılında yaptığı açıklamada, 2074 metre deniz derinliği olan Calypso sahasında toplamda 3827 metre derinliğe inilerek bir doğalgaz rezervine ulaşıldığını açıklamıştır. Fizibilite çalışmaları halen sürse de, rezervin 169 - 226 milyar metreküp olduğu tahmin edilmektedir. Glaucus-1 sahası 10 numaralı blokta arama çalışmalarını sürdüren Exxon ve Qatar Petroleum ortaklığı şubat ayı sonunda Glaucus-1 isimli sahada ilk tespitlere göre, 142 - 227 milyar metreküp aralığında büyüklüğe sahip bir doğalgaz rezervi tespit ettiklerini açıklamıştır. Bu verilere göre, Doğu Akdeniz bütün dikkatleri üzerine çektiği gibi aynı şekilde kıta sahanlığımız içerisinde kalan bölgede de özellikle Antalya açıkları ile Adana-İskenderun Havzası'nda büyük rezervli doğalgaz kaynaklarının olabileceği tahmini ile Türkiye'yi yalnızlaştırma politikası güdülmektedir. Sonuç olarak, Doğu Akdeniz'de ülke çıkarlarımız ve deniz hukukundan kaynaklanan haklarımız doğrultusunda hidrokarbon araştırmalarına Türk mühendis ve işçisi ile kesintisiz olarak devam edilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu Akdeniz, Petrol ve Doğalgaz Sondajları, Kıbrıs, Münhasır Ekonomik Bölge, Kıta sahanlığı





## **2. FULL-TEXT PAPERS**

### **2.1. ORAL PRESENTATIONS**

---

## Comparative study of composted *Grevillea robusta*-paspalum and *Alnus acuminata*-paspalum biomasses

Jean Claude Tuyisenge<sup>\*,\*\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-6437-3258>)

\*University of Rwanda, College of Agriculture, Animal Sciences and Veterinary Medicine, Soil Science and Environmental Management Department, Huye, Rwanda

\*\*Isparta University of Applied Sciences, Graduate Education Institute, Soil Science and Plant Nutrition Department, Isparta, Turkey

\*Corresponding author e-mail: [jeanclaudetuyisenge3@gmail.com](mailto:jeanclaudetuyisenge3@gmail.com)

### Abstract

Intensive cultivation with reduced inputs, deforestation and tillage degrade soil organic matter and impoverish soil quality in tropics, especially in Rwanda. Inorganic fertilizers have been damaging environment (e.g., eutrophication and drinking water containing nitrogen). This study compares composted *Grevillea robusta* (GR)-Paspalum (P) and *Alnus acuminata* (AA)-Paspalum biomasses potential for improving and maintaining soil fertility, and assesses their best combination. Heap composting at Ruhande Arboretum, Rwanda for 6 weeks, with 3 treatments (GR-P, AA-P and GR-AA-P) and 2 replications with randomized complete block design was performed. After laboratory analysis of composts, Excel and GenStat Discovery Edition 4 were used for data management and analysis. No significant difference found between treatments means, as  $F_{pr} > 0.05$  at 5% (significance level) for considered compost characteristics. But, a slight difference was found considering tables of means and histograms. The AA-P compost had high organic matter, organic carbon, extractable phosphorus, mineral nitrogen, and C/N ratio, with moderate pH, and having low total nitrogen, total phosphorus, cation exchange capacity (CEC), ash and moisture content. The GR-P compost possessed low organic matter, organic carbon, extractable phosphorus, pH, with moderate total nitrogen, mineral nitrogen, C/N ratio, and CEC, but possessing high total phosphorus, ash and moisture content. The GR-AA-P compost had high total nitrogen, CEC, and pH, with moderate total phosphorus, extractable phosphorus, organic matter, organic carbon, ash and moisture content, but with low mineral nitrogen, and C/N ratio. Due to similar abilities, all composts can serve as a cheap and organic fertilizer undoubtedly reducing environmental pollution.

**Keywords:** Compost; *Grevillea robusta*; *Alnus acuminata*; paspalum, fertilizer

### INTRODUCTION

Intensive cultivation combined with insufficient inputs contributes to poor soil quality. Besides, given that most Rwandans rely on agriculture and considering the continuous population growth. Soil fertility solutions become of great need (Eva, 2004). In Rwanda, agriculture is a sector for survival and development. Agriculture also induces land degradation, which is an environmental issue in the country (UNEP, 2008). In Tropics where Rwanda is found, mineral fertilizers contributes to health hazards through eutrophication and leaching of nitrates in drinking water (Hartemink, 2003). It was mentioned that the nitrates leaching is an environmental threat in agriculture at the same time being a considerable global issue (Rao and Puttanna, 2000).

Inorganic fertilizers damage environment (Hartemink, 2003). Investigations of alternatives for increasing organic fertilizer quantities are carried out (Eva, 2004). So, there is an urgent need for making organic fertilizers like composts available for use. Once a compost is tested, its application can be performed more accurately (Sánchez and Richard, 2009). Organic fertilizers characterization can be more informative. This can contribute to crop production increase and a reduced environmental pollution and health hazards.

*Grevillea robusta* as an ornamental tree in warm-temperate and semitropical climates. It is planted on small farms in tropical highlands of Africa, where it is grown within crop areas. Its leaves serve for bedding in stables and as mulch (Hardwood, 1989).

*Alnus acuminata* as a tree whose leaves are rich in nitrogen. It contributes in reclamation, nitrogen fixation, and soil improvement (Orwa et al., 2009). It has been recommended in some high altitude regions of Rwanda (ICRAF, n.d.). *A. acuminata* and *G. robusta* are exotic species occurring either in mixed or pure plantations and agroforestry (Nduwamungu, 2011).

*Paspalum Notatum* Flugge as one of paspalum species is a perennial herb which spreads by seeds and by rhizomes (Sekerman and Riveros, 1990). In Rwanda, it is exotic and it is grown almost everywhere in Butare city gardens (Ndayisenga, 2011). It strongly resists stress, grows faster and yields high biomass. It is grown for lawn establishment, for forage, for slope stabilization and for erosion control in tropical and subtropical regions (Huang et al., 2009).

Composting which is known as a process for forming humus like organic materials outside the soil through piling, mixing, or storing organic materials under conditions leading to aerobic decomposition and conservation of nutrients (Brady and Weil, 2002, Darlington, n.d.). As composting methods include heap method, pit method, and NADEP Method. The heap method being the one in which organic materials like biomass, weeds, crop residues, and animal excreta are stacked together in alternating layers, and the surface is covered by a small layer of soil or dry leaves (Reddy, 2008).

This study provides science-based information about the potential of composted *Grevillea robusta*-paspalum (GR-P) and *Alnus acuminata*-paspalum (AA-P) biomasses or their combination (GR-AA-P) for supplying nutrients including nitrogen (N) and phosphorus (P), and for serving as the organic matter (OM) source. It also provides information about other important compost characteristics.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Composting trials include leaves and twigs of *Grevillea robusta* and *Alnus acuminata*, paspalum biomass, soil, rough materials (tree branches). During sampling, auger, plastic bags, and sack were utilized. During laboratory analysis, materials varies by tested parameter.

### Methods

**Experimental Design:** Heap composting by stacking materials in alternative layers (Reddy, 2008) was used, and materials were mixed as shown below:

1<sup>st</sup> day (Establishment of trials) → 10<sup>th</sup> day (Mixing) → 20<sup>th</sup> day (Mixing) → 30<sup>th</sup> day  
(Mixing) → 40<sup>th</sup> day (Mixing) → 42<sup>nd</sup> day (Sampling)

**Laboratory Analysis:** For total N and mineral N: Kjeldahl method (Gupta, 2007, Okalebo et al., 2002), OM and ash content : Loss-on-Ignition (Okalebo et al., 2002, CCQC, 2001) total P and extractable P : UV spectrophotometer (Gupta, 2007, Okalebo et al., 2002), pH: potentiometric method (Okalebo et al., 2002), CEC (Okalebo et al., 2002), moisture (Gupta, 2007), organic carbon: OM×0.54 (Woods End Research Laboratory, 2000), and C/N ratio (Richard and Trautmann, 1996).

**Data Analysis:** Microsoft Excel and GenStat Discovery Edition 4. Means were compared based on the LSD at 5% significant level.

## RESULTS AND DISCUSSION

As presented below are results of investigated compost characteristics.

### Total Nitrogen and Mineral Nitrogen

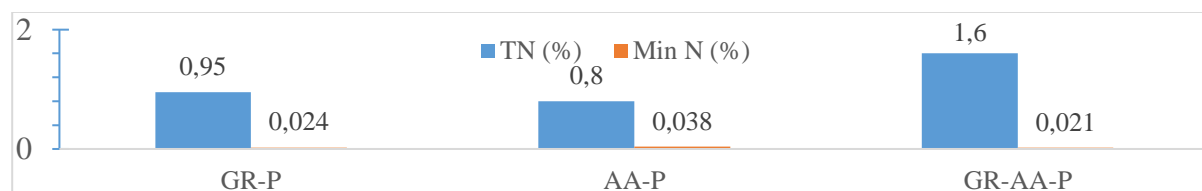


Figure 1. Total Nitrogen (TN) and Mineral Nitrogen (Min N) Content in Composts

## Total Nitrogen

The total N in finished compost falls in the range 0.4%-3.5% (Baffour, 2009). Total N often ranges from 0.5% to 2.5 % (dry weight basis) in finished composts (Sánchez and Richard, 2009, AASLAB, 2019) which is met by studied composts (Figure 1). However, laboratory data shows that the GR-AA-p compost can be considered as the best compost for supplying the total N in high amount.

## Mineral Nitrogen

Studied composts contain low amount of available N (Figure 1) compared to the N level in most common manures and chemical fertilizers like urea. Low available N is also an important aspect for reducing nitrates leaching to drinking water and for eutrophication prevention (Hartemink, 2003, Rao and Puttanna, 2000).

## Total Phosphorus and Extractable Phosphorus

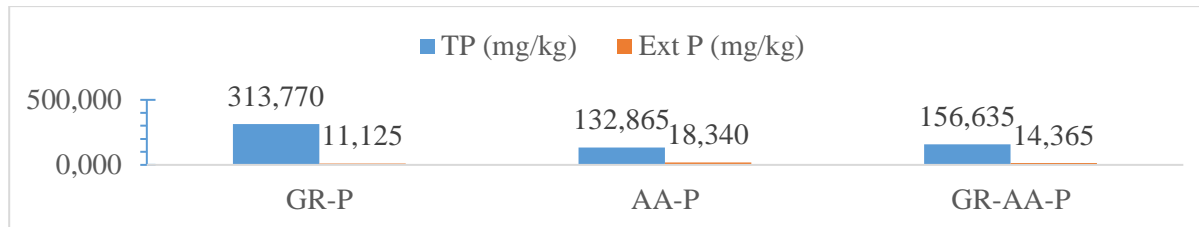


Figure 2. Total Phosphorus (TP) and Extractable Phosphorus (Ext P) in Composts

## Total Phosphorus

Total P level of quality compost varies between 0.6 % and 0.9% (Plant Natural Research Center, n.d.). Total P in finished compost: 0.3 %  $P_2O_5$  (0.131% P) - 3.5%  $P_2O_5$  (1.528% P) (Baffour, 2009). Investigated composts possess low total P (Figure 2) compared to some quality composts. For producing P rich composts, adding P rich materials where applicable is suggested.

## Extractable Phosphorus

Studied composts have low quantity of extractable P (Figure 2) compared to the level mentioned by (TNAU, 2008, Gupta, 2007) in dung and urine of goat, cattle and sheep. Their extractable P is also less than what was reported in straw bedding, cow manure, poultry manure, and farm yard manure (Government of Alberta, 2014, TNAU, 2008). Long composting period (> 6 weeks) is needed for composts to generate high P amount in plant available forms unless no phosphorus enrichment during composting.

## Cation Exchange Capacity

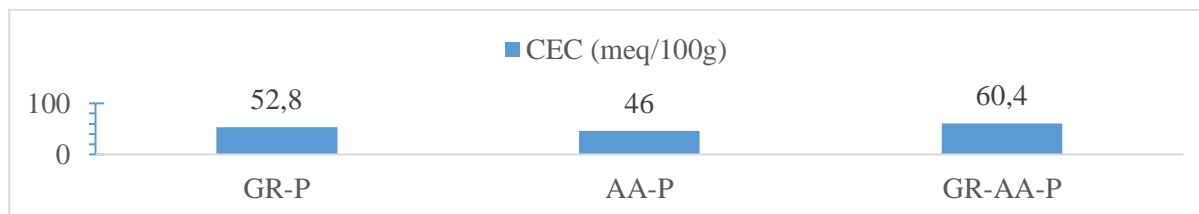


Figure 3. Cation Exchange Capacity (CEC) of Composts

It was indicated that most composts possess the  $CEC > 60$  meq/100g for fulfilling the quality standard of a finished compost (NDEP, n.d.). Research results show that only the GR-AA-P compost has the CEC falling above such critical CEC level for quality composts. But considering that Brady and Weil (2002) mentioned that the CEC of organic matter for compost is 50-70  $Cmolc / Kg$ . Therefore, GR-AA-P and GR-P composts (Figure 3) fall in such range, with only the AA-P compost having a slightly low CEC compared to a desired CEC.

## Organic Matter, Organic Carbon, Moisture and Ash Content

### Organic Matter

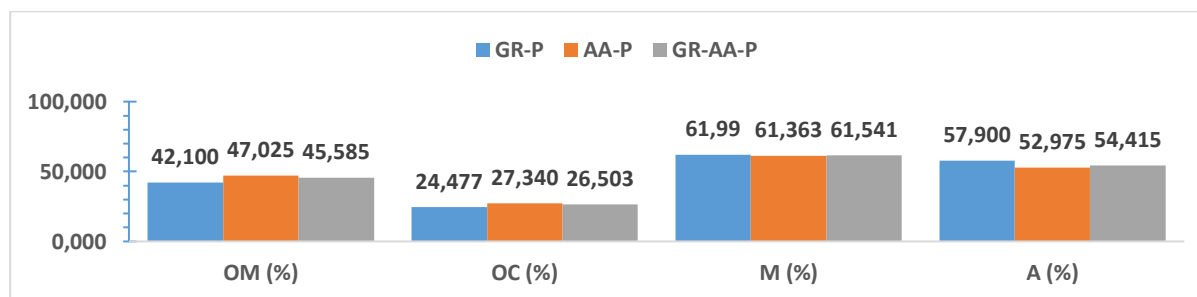


Figure 4. Organic Matter (OM), Organic Carbon (OC), Moisture (M) and Ash (A) Content

Compared to straw bedding and cow manure (Government of Alberta, 2014), each compost has higher OM content (Figure 4). OM for finished compost: 25%-50% (Baffour, 2009). High quality compost possesses a minimum of 50% OM quantity based on dry weight (Darlington, n.d.), supporting investigated composts with OM amount that is not very low (Figure 4). It was reported that no ideal OM content in a finished compost. OM level decreases during composting. The OM content (dry weight basis) in finished compost varies from 30% to 70%, with the range of 50-60% considered as preferable for most compost uses (AASLAB, 2019). Hence, studied composts can be used as a good source of OM for soil fertility improvement and maintenance.

### Organic Carbon

Compared to decomposed matter, cow manure and straw bedding (Government of Alberta, 2014). All composts possess higher OC content (Figure 4) than the amount in straw bedding and cow manure. Each compost has the OC in the standard range mentioned by (Reddy, 2008) for the decomposed matter. Also as the OC in finished compost is 8% - 50% (dry weight) (Baffour, 2009). Therefore, each compost contains the OC in recommended range for a finished compost.

### Moisture Content

Compared to straw bedding and cow manure (Government of Alberta, 2014). Each compost (Figure 4) can hold a lot of water than cow manure and straw bedding. As excessively wet compost with moisture amount at 60% and above can be clumpy and heavy presenting difficulties for uniform application and requiring high delivery cost. But very dry compost with less than 35% moisture quantity can be dusty as well as irritating during its use (USCC, n.d.). For investigated composts, the moisture level is very closer to the recommended range. This proves that studied composts can present no handling and application difficulties. Besides, they possess a great potential for sufficiently holding water.

### Ash Content

Considering that the amount of ash varies with changes in OM content (Celignis Analytical, n.d.). Investigated composts were burnt at 500-600°C leaving only mineral constituent known as ash greatly composed by Ca, P, K, Mg and other inorganic elements which are not oxidized. Moreover, as ash content in most composts ranges from 40% to 55% (Richard, 1996). Ash in AA-p compost falls in the range for most composts. Both GR-AA-p and GR-p composts possess slightly great ash quantity (Figure 4). Based on the ash content in such composts, it is expected that the overall total amount of other mineral elements like Ca, Mg, K and heavy metals follows this order: GR-p > GR-AA-p > AA-p.

## C/N Ratio

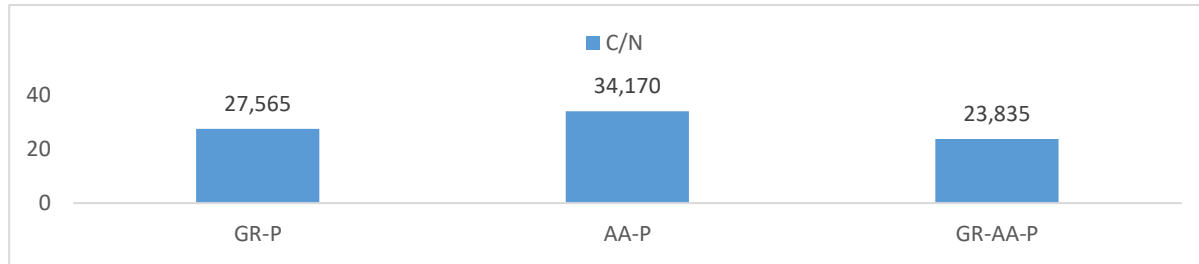


Figure 5. Carbon to Nitrogen Ratio (C/N)

The C/N ratio required by microorganisms: 25-35:1. C/N ratio < 20:1: Excess of N and deficiency of C leading to ammoniacal N volatilization. Fertilizer efficiency decreased resulting from N loss (Compost Tuner, n). It is clear that studied composts (Figure 5) can serve as a good source of nitrogen if adequate compost application and good management practices are adopted.

## pH

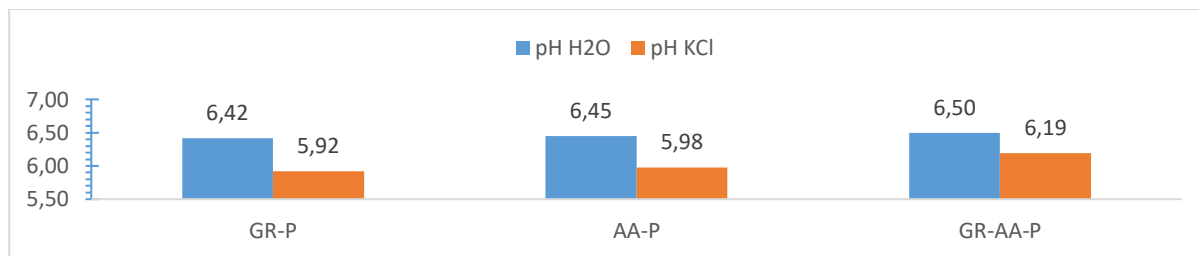


Figure 6. pH of Composts

For aerobic decomposition, the acceptable pH is 5.5-9.0, while the ideal pH is 6.5-8.0. For all studied composts, the pH value (Figure 6) at least falls in the acceptable range (Compost Tuner, n). Composts having very low pH level (<4.0) need to be utilized with attention, because the low level of compost pH can be a sign of poor composting which end up in the production of organic acids which are potentially toxic (Darlington, n.d.). This justifies to a certain degree that composting method utilized in this study is undoubtedly a good composting practice based on pH levels.

## CONCLUSION

Based on analysed parameters only, composts decomposition order is AA-P > GR-P > GRAA-P. On the other hand, the order for compost quality is GR-AA-P > AA-P > GR-P. But studying other parameters is essential. It was found that the AA-P compost can serve as the best source of mineral N and available P. The GR-P compost was found as a good source of total N, and total P. All composts can serve as an important source of organic matter and organic carbon. During composting process, the C/N ratio and pH adjustment can enhance decomposition for achieving a good quality compost.

In terms of nutrient content, it was found that the content for all composts is low compared to nutrient content in chemical fertilizers. However, all studied composts showed high nutrient content compared to organic manures like cattle, goat and sheep urine.

## AKNOWLEDGEMENTS

The author would like to thank KASANZIKI Charles for helpful advice during the study. Many thanks to Prof. NARAMABUYE Francois Xavier for financial support during laboratory work.

## REFERENCES

- AASLAB. (2019). Compost Analysis Report. *Compost Analysis Report*, 2. Pennsylvania, USA: Agricultural Analytical Services Laboratory, Pennstate Extension, Pennsylvania State University. June 2020, 2020 tarihinde <https://www.chestercounty.org/DocumentCenter/View/1878/2019-compost-analytical?bidId=> adresinden alındı
- Baffour, A. E. (2009, July 14). *Co-Composting of Dewatered Sewage Sludge (Biosolids) and Sawdust for Agricultural use as an Organic Fertilizer: A Case Study of the KNUST Sewage Treatment Plant*. KNUST, Department of Theoretical and Applied Biology. KNUST Space, Institutional Repository for KNUST. February 7, 2014 tarihinde <http://ir.knust.edu.gh/bitstream/123456789/248/1/fulltxt.pdf> adresinden alındı
- Brady, N. C., & Weil, R. R. (2002). *The Nature and Properties of Soils* (13 b.). New Jersey, USA: Prentice Hall.
- CCQC. (2001). *Compost Maturity Index*. 19375 Lake City Road, Nevada City, CA, USA: CCQC [California Compost Quality Council]. [www.ccqc.org](http://www.ccqc.org) adresinden alındı
- Celignis Analytical. (n.d.). Ash Content of Compost. *Feedstocks Analysed at Celignis: Compost*. August 10, 2020 tarihinde <https://www.celignis.com/feedstock.php?value=14> adresinden alındı
- Compost Tuner. (n). <https://compost-turner.net/>. (Compost Tuner) August 12, 2020 tarihinde Compost Tuner: <https://compost-turner.net/composting-technologies/factors-affect-composting-process-and-compost-quality.html> adresinden alındı
- Darlington, W. (n.d.). *Compost – A Guide for Evaluating and Using Compost Materials as Soil Amendments* (Cilt 714). Orange Office: Soil & Plant Laboratory, Inc.
- Eva, D. (2004). Soil Fertility Management and Socio-economic Factors in Small-scale Farming Systems in Southwest Rwanda: Interaction Between Research and Extension in Promoting Improved Compost Technology. *Master Thesis in Agricultural Development*. Ghent University, Faculty of Agricultural and Applied Biological Sciences.
- Government of Alberta. (2014). Compost Nutrients. Alberta, Canada. May 7, 2014 tarihinde [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/eng4466/\\$file/comp-nutrients.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/eng4466/$file/comp-nutrients.pdf?OpenElement) adresinden alındı
- Gupta, P. K. (2007). *Soil, Plant, Water and Fertilizer Analysis* (2 b.). Jodhpur, India: Dr.Updesh Purohit for Agrobios.
- Hardwood, C. E. (1989). *Grevillea robusta: an annotated bibliography*. Nairobi, Kenya: International Council for Research in Agroforestry, ICRAT House. [http://outputs.worldagroforestry.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=36652&query\\_desc=an%3A%222726%22](http://outputs.worldagroforestry.org/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=36652&query_desc=an%3A%222726%22) adresinden alındı
- Hartemink, A. E. (2003). *Soil Fertility Decline in the Tropics with Case Studies on Plantations*. Wallingford, UK: CABI Publishing.
- Huang, J., Xia, H., Li, Z., Xiong, Y., & Kong, G. (2009, May 7). Soil aluminium uptake and accumulation by *Paspalum notatum*. *Waste Management & Research*, 668–675. doi:<https://doi.org/10.1177/0734242X09103835>
- ICRAF. (n.d.). Kigali, Rwanda: World Agroforestry Center.
- Ndayisenga, J. (2011). *Butare City Ornamental Plant Taxonomy and Phytogeography*. National University of Rwanda, Department of Biology, Botany and Conservation. Huye: National University of Rwanda, Faculty of science, Department of Biology, Botany and Conservation. 2014 tarihinde alındı
- NDEP. (n.d.). Compost Specifications. *NAC 444.670 System to process waste: Compost Plant. (NRS 444.560)*. Nevada, USA: NDEP [Nevada Division of Environmental Protection]. June 13, 2020 tarihinde <https://ndep.nv.gov/uploads/land-waste-solid-forms-docs/compost-specifications-example.pdf> adresinden alındı
- Nduwamungu, J. (2011). *I*(14), 17-20. doi:10.13140/RG.2.1.1360.4724
- Okalebo, J. R., Gathua, K. W., & Woomer, P. L. (2002). *Laboratory Methods of Soil and Plant Analysis : A Working Manual* (2 b.). Nairobi, Kenya: SACRED Africa [The Sustainable Agriculture Centre for Research Extension and Development in Africa].
- Orwa, C., Mutua, A., Kindt, R., Jannadass, R., & Simons, A. (2009). Agroforestry Data base: a tree Reference and selection guide version 4.0. East Africa: World Agroforestry Centre. <https://www.foresttreesagroforestry.org/dataset/the-agroforestree-database/?occurrence=ICRAF-DATA.01001-0064> adresinden alındı

- Plant Natural Research Center. (n.d.). *Benefits of Using Compost in Your Garden*. (Plant Natural Research Center) June 12, 2020 tarihinde [www.planetnatural.com](http://www.planetnatural.com): <https://www.planetnatural.com/composting-101/soil-science/compost-soil/> adresinden alındı
- Rao, E. S., & Puttanna, K. (2000, November 10). Nitrates, agriculture and environment. *Current Science*, 79(9), 1163-1168. [https://www.researchgate.net/publication/237500042\\_Nitrates\\_agriculture\\_and\\_environment](https://www.researchgate.net/publication/237500042_Nitrates_agriculture_and_environment) adresinden alındı
- Reddy, P. P. (2008). *Organic farming for sustainable horticulture: Principles and practices*. India: Scientific Publishers.
- Richard, T. (1996). Estimating Carbon Content. *Cornell Composting Science and Engineering*. Ithaca: Cornell Waste Management Institute, Cornell University. <http://compost.css.cornell.edu/calc/carbon.html> adresinden alındı
- Richard, T., & Trautmann, N. (1996). [http://compost.css.cornell.edu/calc/cn\\_ratio.html](http://compost.css.cornell.edu/calc/cn_ratio.html). (Cornell University, Cornell Waste Management Institute, Cornell Composting Science and Engineering) June 8, 2020 tarihinde <http://compost.css.cornell.edu>: [http://compost.css.cornell.edu/calc/cn\\_ratio.html](http://compost.css.cornell.edu/calc/cn_ratio.html) adresinden alındı
- Sánchez, E. S., & Richard, T. L. (2009). *Using Organic Nutrient Sources*. Pennsylvania, USA: The Pennsylvania State University. <https://extension.psu.edu/using-organic-nutrient-sources> adresinden alındı
- Sekerman, P. J., & Riveros, F. (1990). *Tropical Grasses*. Rome: FAO [Food and Agriculture Organization of the United Nations].
- TNAU. (2008). Organic farming. *Organic farming: Composting*. India: TNAU Agritech Portal, TNAU [Tamil Nadu Agricultural University], Coimbatore. May 7, 2014 tarihinde [http://agritech.tnau.ac.in/ta/org\\_farm/orgfarm\\_composting.html](http://agritech.tnau.ac.in/ta/org_farm/orgfarm_composting.html) adresinden alındı
- UNEP. (2008). *Agriculture and Land Degradation*. REMA [Rwanda Environment Management Authority], 7. Kigali: REMA. [https://www.rema.gov.rw/rema\\_doc/publications/Chapter\\_7\\_Agriculture\\_FINAL\\_DRAFT\\_copy%20edit%20-%20ME%20approved.pdf](https://www.rema.gov.rw/rema_doc/publications/Chapter_7_Agriculture_FINAL_DRAFT_copy%20edit%20-%20ME%20approved.pdf) adresinden alındı
- USCC. (n.d.). *Compost specification for soil incorporation*. USA: USCC [United States Composting Council]. [www.compostingcouncil.org](http://www.compostingcouncil.org) adresinden alındı
- Woods End Research Laboratory. (2000). Interpretation of Waste and Compost Tests. *Journal of the Woods End Research Laboratory*, 1(4), 1998-2000.



## Electro-peroxydisulfate oxidation of concentrated leachate: Optimization of color removal using CCD

Senem Yazici Guvenc\* (ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-2877-0977>), Gamze Varank  
(ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-3437-4505>)

\*<sup>1</sup> Department of Environmental Engineering, Yıldız Technical University, Davutpaşa Campus, Esenler,  
Istanbul, 34220, TURKEY

\*Corresponding author e-mail: senem.yazici87@gmail.com, syazici@yildiz.edu.tr

### Abstract

The primary aim of the present work is color removal from leachate nanofiltration concentrate that pose a big problem in leachate treatment plants. Since the nanofiltration concentrate of leachate includes high concentration of resistant organic contaminants, it is not possible to treat this kind of wastewater biologically. In this study, response surface methodology (RSM) approach using Central Composite Design (CCD) is applied to develop mathematical model and optimize process parameters for color removal from leachate nanofiltration concentrate by Electro-peroxydisulfate oxidation process. ANOVA was used to analyse the data obtained from experimental study and to obtain the interaction between the process variables and the responses. According to data analysis, the correlation coefficients of all the responses ( $R^2$  and adjusted  $R^2$  values) were found to be over 80%. The second-order regression model was developed to predict the removal efficiency using Statgraphics Centurion XVI.I software programme. The effects of different operating variables (persulfate/COD ratio, current, pH, and reaction time) on the oxidation performance were investigated regarding color removal efficiency. The optimal conditions for more than 99.9% color removal were determined at PS/COD ratio 2.5, pH 4.94, current 2.52 A and reaction time 26.5 min for electro-peroxydisulfate oxidation process. Consequently, it is concluded that electro-peroxydisulfate oxidation process is an effective method at color removal from leachate nanofiltration concentrate.

**Keywords:** Electro-peroxydisulfate, leachate nanofiltration concentrate, modelling, central composite design

### Özet

Mevcut çalışmanın temel amacı, sızıntı suyu arıtma tesislerinde büyük bir problem oluşturan sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinden renk uzaklaştırmasıdır. Sızıntı suyunun nanofiltrasyon konsantresi yüksek konsantrasyonda dirençli organik kirleticiler içerdiğinden, bu tür atık suyu biyolojik olarak arıtmak mümkün değildir. Bu çalışmada, matematiksel model geliştirmek ve Elektro-peroksidisülfat oksidasyon işlemi ile sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinden renk giderimi için proses parametrelerini optimize etmek için Merkezi Kompozit Dizayn (MKD) kullanan cevap yüzey metodolojisi (CYM) yaklaşımı uygulanmıştır. Deneysel çalışmadan elde edilen verileri analiz etmek ve süreç değişkenleri ile yanıtlar arasındaki etkileşimi elde etmek için ANOVA kullanılmıştır. Verilerin analizine göre tüm yanıtların korelasyon katsayıları ( $R^2$  ve ayarlanmış  $R^2$  değerleri)% 80'in üzerinde bulunmuştur. İkinci dereceden regresyon modeli, Statgraphics Centurion XVI.I yazılım programı kullanılarak kaldırma verimliliğini tahmin etmek için geliştirilmiştir. Farklı işletim değişkenlerinin (PS/KOİ oranı, akım, pH ve reaksiyon süresi) oksidasyon performansı üzerindeki etkileri renk giderme etkinliği açısından incelenmiştir. % 99,9'dan fazla renk giderimi için optimal koşullar, elektro-peroksidisülfat oksidasyon işlemi için PS/KOİ oranı 2,5, pH 4,94, akım 2,52 A ve reaksiyon süresinde 26,5 dakika olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak, elektro-peroksidisülfat oksidasyon işleminin sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinden renk gideriminde etkili bir yöntem olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektro-peroksidisülfat, leachate nanofiltration concentrate, modelling, central composite design

### GİRİŞ

Katı atıklar tüm dünyada yaygın olarak düzenli depolama sahalarında bertaraf edilmektedir. Yağmur sularının depolama sahası boyunca akışı sonucu yüksek oranda kirlilik içeriğine sahip sızıntı suları oluşumu meydana gelmektedir. Sızıntı sularının özellikleri gerek kirletici türleri gerekse kirletici konsantrasyonu bakımından yüksek oranda değişiklik göstermektedir. Sızıntı suyu kompozisyonu depolanan atık tipine, yağış miktarına, sahanın hidrolojisine, atığın sıkıştırılma oranına, depo sahası yaşına, dizaynına ve işletme şartlarına bağlı olarak değişiklik

göstermektedir. Meydana gelen yüksek kirliliğe sahip sızıntı sularının arıtma metodu seçimi sızıntı suyu kompozisyonuna ve özelliklerine bağlıdır. Yüksek BOİ/KOİ oranına sahip sızıntı sularına biyolojik arıtma uygulanırken, düşük BOİ/KOİ oranına sahip, toksik bileşen konsantrasyonları yüksek sızıntı suları için fizikokimyasal yöntemler tercih edilmektedir (Deng ve Englehardt, 2006; Goi vd., 2010).

Yüksek BOİ/KOİ oranına sahip sızıntı sularının arıtımında yaygın olarak aerobik ve anaerobik biyolojik arıtma metodları uygulanmaktadır (Chan vd., 2009). Son zamanlarda bir çok ülkede uygulamaya konulan ağır doğrudan atıksu deşarjı kriterleri sağlamak için sadece biyolojik arıtma yeterli olmamaktadır (Alvarez-Vazquez vd., 2004; Robinson, 2007). Genellikle biyolojik arıtma sonrası mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmozdan (TO) oluşan membran arıtma teknolojileri uygulanmaktadır (Li vd., 2007; Yang vd., 2006). Ancak buradaki temel problem yüksek miktarda membran konsantresi oluşumudur. Nanofiltrasyon prosesinde giriş sızıntı suyu miktarının yaklaşık olarak %13–30'u civarında membran konsantresi oluşumu meydana gelmektedir. Konsantre sızıntı suyu içeriğinde bulunan çözünmüş organik maddeler biyolojik olarak ayrışabilirliği düşük hidrofilik organik ve hümitik maddelerden oluşmaktadır (Zhang vd., 2013; Clarke vd., 2015). Hümitik maddeler hümin (tüm pHlarda çözünür olmayan), hümitik asit (alkali şartlarda çözünür olan) ve fülvik asitten (sulu ortamda çözünür olan) oluşan üç ana grupta sınıflandırılabilir (Stevenson, 1994). Calabro vd. (2010) ve He vd. (2015) tarafından yapılan çalışmalarda konsantre içeriğinin yaklaşık olarak 61.7% oranında hümitik asit ve 75.0% oranında fülvik asitten oluştuğu belirlenmiştir.

Konsantre sızıntı suyuna uygulanan arıtma teknolojileri dört ana kategoride incelenebilir (He vd., 2015; Huncce vd., 2012; Li vd., 2012; Perez-Gonzalez vd., 2012; Zhang vd., 2006; Liu vd., 2011; Qi vd., 2015; Wan vd., 2014): (1) depo sahasına geri devir; (2) solidifikasyon/stabilizasyon; (3) evaporasyon/distilasyon; (4) ileri oksidasyon prosesler( Fenton oksidasyonu, elektrokimyasal oksidasyon, fotokatalitik oksidasyon, ozonlama vb.) Konsantre sızıntı suyunun depo gövdesine geri devri sonucu metanojenlerin mikrobiyal aktiviteleri konsantre içeriğinde bulunan yüksek konsantrasyonda hümitik madde, ağır metal ve inorganik tuzlardan dolayı inhibe olabilir (Chen vd., 2008; Calabro vd., 2010; Talalaj, 2014). Evaporasyon/distilasyon ile arıtma geniş yer ihtiyacı, yüksek işletme maliyeti, düşük stabilite ve ekipman korozyonu gibi sebeplerden dolayı tercih edilmemektedir. (Perez-Gonzalez vd., 2012). Dört kategori içinde konsantre sızıntı suyundan organik kirleticilerin giderimi ve biyoayrışabilirliğini artırılması için en etkili metot ileri oksidasyon prosesleridir. Fenton prosesinde kuvvetli oksidantlar kullanılarak yüksek oranda organik madde giderimi sağlanır fakat bu prosesin dezavantajı yüksek miktarda demir çamuru oluşumudur. (Deng ve Englehardt, 2006). Bu nedenle fizikokimyasal arıtma yöntemleri genellikle ilk tercihtir (Singh ve Tang, 2013). Fizikokimyasal yöntemler membran konsantrasi arıtımında basit, düşük maliyetli ve etkili yöntemler olup çözünmüş organik madde gideriminde etkindir (Comstock vd., 2011). Aynı zamanda biyolojik olarak ayrışabilirliği arttırmaktadır (Wang ve Le, 2016; Amor vd., 2015). Sızıntı suyu arıtımında biyolojik arıtma sistemleri, ham sızıntı suyunda mevcut olan ve mikrobiyal faaliyetler sonucu oluşan yüksek inert KOİ nedeniyle yetersizdirler. Gerek atıkların ayrışması esnasında oluşan kompleks yapıdaki sızıntı suyunun mevcut inert KOİ'si, gerekse bu suların arıtıldığı biyolojik sistemlerde mikrobiyal aktivite sonucu oluşan ve konvansiyonel arıtma yöntemleri ile arıtımı mümkün olmayan inert KOİ sebebiyle arıtma sonrası deşarj standartlarının sağlanması zorlaşmaktadır. Bu atıksularda da ileri arıtma yöntemleri yüksek verim sağlamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, elektro aktif peroksidisülfat oksidasyon prosesli ile sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinden renk giderimidir. CCD tasarımı kullanılarak renk giderimi üzerine proses değişkenlerinin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

## **MATERYAL VE METOT**

### **Sızıntı Suyu Nanofiltrasyon Konsantresi Karakterizasyonu**

Sızıntı suyu numuneleri İstanbul Kömürcüoda Düzenli Depolama Sahası sızıntı suyu arıtma tesisi nanofiltrasyon ünitesi çıkışından elde edilmiştir. Tesiste biyolojik arıtmanın ardından nitrifikasyon-denitrifikasyon prosesine tabi tutulan sızıntı suyuna membran filtrasyonu uygulanmaktadır. Membran filtrasyonu için ultrafiltrasyon ve nanofiltrasyon membranlar kullanılmaktadır. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği deşarj standartlarını sağlamakta olan nanofiltrasyon çıkış suyu alıcı ortama deşarj edilmekte konsantre ise düzenli depo sahasına gönderilmektedir. İstanbul Kömürcüoda Düzenli Depolama Sahası sızıntı suyu arıtma tesisi şematik gösterimi Şekil 1'de verilmiştir.



## Deneysel dizayn ve istatikselsel analiz

Çalışmada maksimum renk giderim verimine ulaşmak için cevap yüzey metodu ve merkezi kompozit dizayn uygulanmıştır. Cevap yüzey metodu ve merkezi kompozit dizaynın amacı deneysel parametreleri optimize etmek ve bağımsız değişkenler ile system cevapları arasındaki ilişkileri değerlendirmektir. Deneylerin istatikselsel tasarımı ve veri analizleri için Design Expert 11.0.1.0 yazılım programı kullanılmıştır. Her bir proses için uygulanan 4 bağımsız değişkenli ve 5 farklı seviyeli full faktöriyel merkezi kompozit dizayn (CCD) modelinde işletme parametreleri değer aralıkları yapılan ön deneysel çalışma ile belirlenmiştir. Proseslerin bağımsız değişkenleri Persülfat/KOI oranı ( $X_1$ ), akım ( $X_2$ ), pH ( $X_3$ ) ve reaksiyon süresi ( $X_4$ ) olarak, sistem cevapları ise TOC giderimi ( $Y_1$ ) ve enerji tüketimi ( $Y_2$ ) olarak seçilmiştir. Amaç maksimum giderim verimini minimum enerji maliyeti ile elde etmektir. Her bir proses için gerçekleştirilen deney sayısı 30'dur ( $=2^k + 2k + 6$ ; k: bağımsız değişken sayısı). Tablo 2'de bağımsız değişkenler ve seviyeleri, Tablo 3'de ise deneysel tasarım matrisi ve deney sonuçları verilmiştir.

**Tablo 2.** Bağımsız değişkenlerin kodlanmış ve gerçek değerleri ile seviye aralıkları

Sembol	Faktör	Kodlanmış Değerler				
		-2	-1	0	+1	+2
A	PS/COD	0,5	1	1,5	2	2,5
B	Elektriksel Akım, A	0,25	1	1,75	2,5	3,25
C	pH	3	4	5	6	7
D	Reaksiyon süresi, dk	5	15	25	35	45

## RESULTS AND DISCUSSION

İkinci dereceden polinomial cevap yüzey modeli, deney sonuçların tahmin edilen değerlerle uyumunu analiz etmek için uygulanmıştır. Uygulanan elektro aktif persülfat prosesleri ile sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantrasyonundan TOC giderimi ve enerji tüketimi için elde edilen regresyon denklemleri aşağıdaki verilmiştir.

$$\text{Renk giderimi, \%} = -103,152 + 12,0854 * X_1 + 39,1606 * X_2 + 36,1948 * X_3 + 3,7399 * X_4 - 0,754167 * X_1^2 - 0,25 * X_1 * X_2 + 0,0375 * X_1 * X_3 - 0,03125 * X_1 * X_4 - 7,26852 * X_2^2 + 1,05833 * X_2 * X_3 - 0,2675 * X_2 * X_4 - 3,75104 * X_3^2 - 0,071875 * X_3 * X_4 - 0,0496354 * X_4^2 \quad (1)$$

Modelin istatikselsel olarak değerlendirilmesi, Varyans analizi (ANOVA) ile gerçekleştirilmiş ve ANOVA sonuçları Tablo5'te verilmiştir. ANOVA'da elde edilen yüksek F değeri ve düşük p değeri ilgili terimin önemine işaret eder. F değerinin yeterli derecede yüksek olup olmadığını değerlendirmek için kullanılan p değerinin modelinin istatikselsel olarak anlamlı olduğunu doğrulaması için . 0.05'den düşük değere sahip olması gereklidir. İlgili terimin anlamlılık düzeyini değerlendirmek için dikkate alınması gereken bir diğer parametre kareler toplamıdır. Kareler toplamının değerinin artmasıyla değişkenlerin anlamlılığı da artmaktadır. "Prob>F" değerinin %95 olasılık seviyesinde 0.05'den düşük olduğu durumlarda model anlamlıdır şeklinde, 0,0001'den düşük değerlere sahip olması durumunda, model istatikselsel olarak çok anlamlıdır şeklinde değerlendirme yapılabilir. Anlamlı olarak ifade edilen terimler arasında daha yüksek F değerine ve daha düşük p değerine sahip terim daha anlamlıdır.

**Tablo 3.** CCD matrisi için gerçek ve model tahmin değerleri

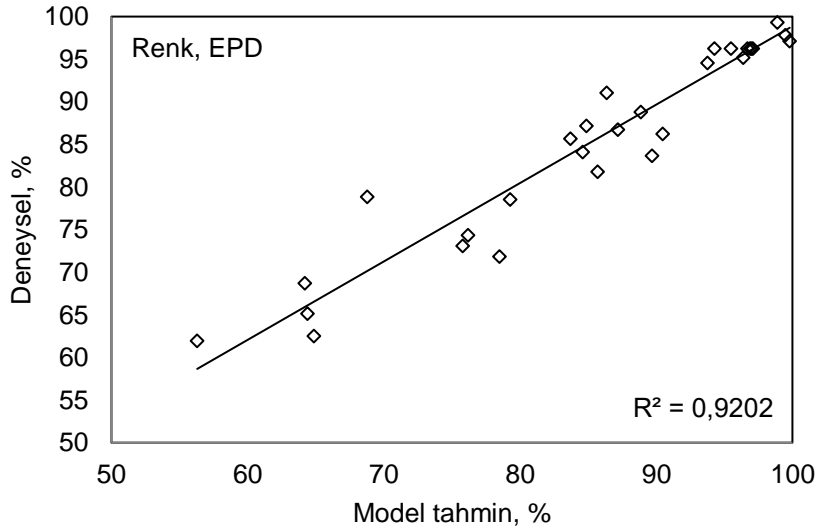
Set	S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> <sup>-2</sup> /KOİ	Elektriksel Akım (A)	pH	Reaksiyon süresi (dk)	Renk, deneysel	Renk, tahmini
1	2	2,5	6	35	99,8	97,08
2	2	2,5	6	15	96,4	95,17
3	2	2,5	4	35	98,9	99,30
4	2	2,5	4	15	93,8	94,52
5	2	1	6	35	85,7	81,77
6	2	1	6	15	78,5	71,83
7	2	1	4	35	84,9	87,17
8	2	1	4	15	76,2	74,35
9	1	2,5	6	35	88,9	88,75
10	1	2,5	6	15	90,5	86,22
11	1	2,5	4	35	86,4	91,05
12	1	2,5	4	15	83,7	85,64
13	1	1	6	35	75,8	73,07
14	1	1	6	15	64,9	62,50
15	1	1	4	35	79,3	78,54
16	1	1	4	15	64,4	65,10
17	2,5	1,75	5	25	99,8	104,28
18	0,5	1,75	5	25	87,2	86,70
19	1,5	3,25	5	25	99,5	97,82
20	1,5	0,25	5	25	56,3	61,97
21	1,5	1,75	7	25	68,8	78,83
22	1,5	1,75	3	25	89,7	83,65
23	1,5	1,75	5	45	84,6	84,07
24	1,5	1,75	5	5	64,2	68,72
25	1,5	1,75	5	25	95,5	96,25
26	1,5	1,75	5	25	96,7	96,25
27	1,5	1,75	5	25	94,3	96,25
28	1,5	1,75	5	25	97,1	96,25
29	1,5	1,75	5	25	96,9	96,25
30	1,5	1,75	5	25	97	96,25

Model uygunluğunu test etmek için hesaplanan katsayılar (determinasyon katsayısı (R<sup>2</sup>), ayarlanmış R<sup>2</sup>) gözönüne alındığında data varyasyonunun model ile açıklanabilir olduğu görülmektedir.

**Tablo 4.** EPD prosesi ile renk giderimi için uygulanan cevap yüzey modeli ANOVA sonuçları

Kaynak	Kareler Toplamı	S.D.	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri	Yorum
X <sub>1</sub>	463,76	1	463,76	19,57	0,0005	Çok Anlamlı
X <sub>2</sub>	1927,83	1	1927,83	81,33	<0,0001	Çok Anlamlı
X <sub>3</sub>	34,8004	1	34,8004	1,47	0,2444	Anlamsız
X <sub>4</sub>	353,434	1	353,434	14,91	0,0015	Anlamlı
X <sub>1</sub> X <sub>1</sub>	0,97503	1	0,97503	0,04	0,8420	Anlamsız
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0,140625	1	0,140625	0,01	0,9396	Anlamsız
X <sub>1</sub> X <sub>3</sub>	0,005625	1	0,005625	0,00	0,9876	Anlamsız
X <sub>1</sub> X <sub>4</sub>	0,390625	1	0390625	0,02	0,8996	Anlamsız
X <sub>2</sub> X <sub>2</sub>	458,501	1	458,501	19,34	0,0005	Çok Anlamlı
X <sub>2</sub> X <sub>3</sub>	10,0806	1	10,0806	0,43	0,5242	Anlamsız
X <sub>2</sub> X <sub>4</sub>	64,4006	1	64,4006	2,72	0,1201	Anlamsız
X <sub>3</sub> X <sub>3</sub>	385,929	1	385,929	16,28	0,0011	Anlamlı
X <sub>3</sub> X <sub>4</sub>	8,26563	1	8,26563	0,35	0,5636	Anlamsız
X <sub>4</sub> X <sub>4</sub>	675,751	1	675,751	28,51	0,0001	Çok Anlamlı
Total error	355,548	15	23,7032			
Total (corr.)	4453,23	29				

Deneysel verilerle model yardımıyla elde edilen regresyon denklemleri ile hesaplanan tahmini değerlerin uyumunu gösteren grafik Şekil 2 ve Tablo 5’de verilmiştir. Renk giderimi için elde edilen grafiğin R<sup>2</sup> değeri 92.02 % olarak belirlenmiştir. Yüksek R<sup>2</sup> değeri deneysel verilerin model sonuçları ile uyum içinde olduğunu göstermektedir.



**Şekil 2.** Gerçek ve model tahmin değerlerini gösteren regrasyon grafiği

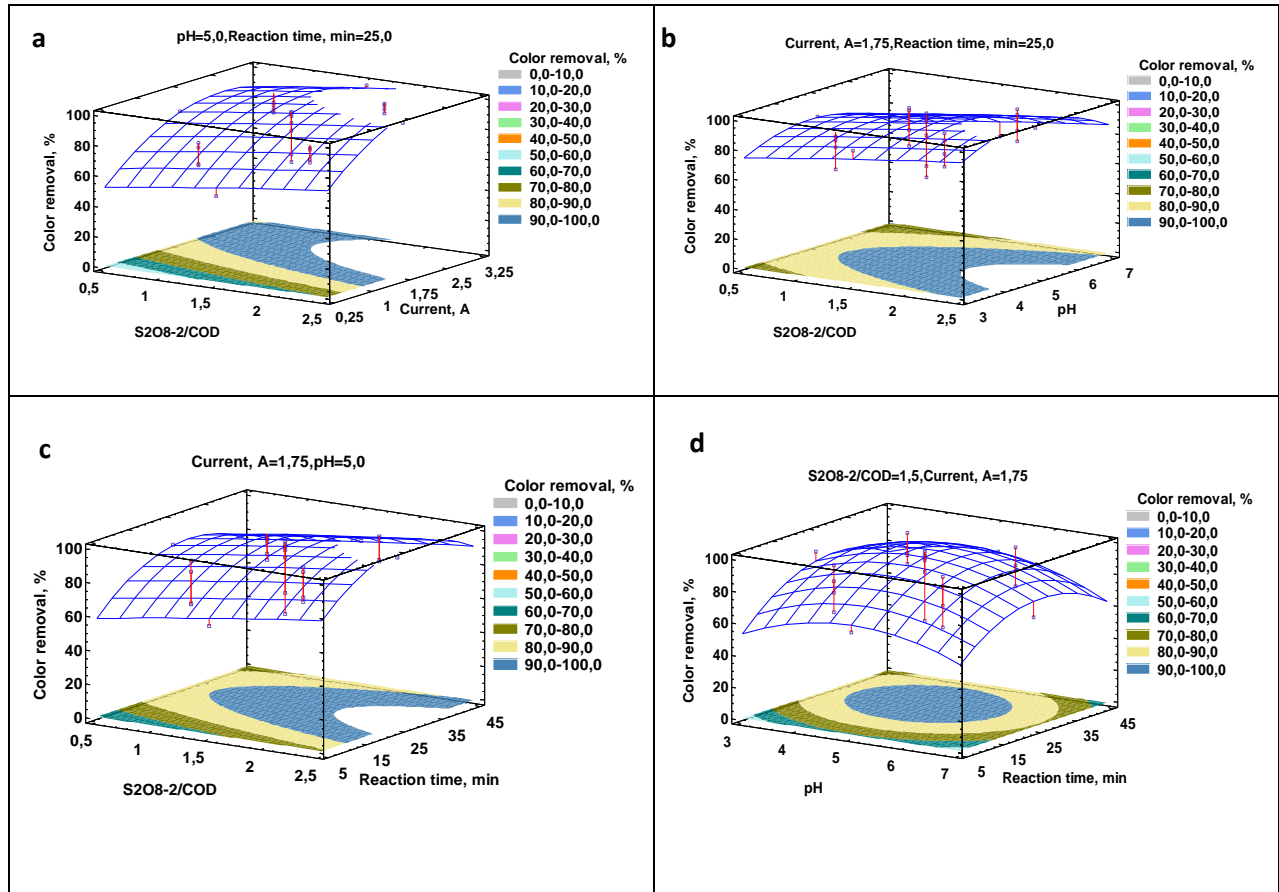
**Tablo 5.** İstatistiksel sonuçlar

Model	R <sup>2</sup>	Ayarlanmış R <sup>2</sup>	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F-Oranı	P-Değeri	Yorum
Renk	0,92	0,84	4097,68	292,69	12,35	8,63*10 <sup>-6</sup>	Anlamlı

Sabit tutulan bir değişken ve sınırlar arasında değerler alan iki değişkenin bir fonksiyonudur. Cevap yüzeyi grafikleri Şekil 3’de verilmiştir. Cevap yüzey modeli grafiklerinde bir değişken merkezde sabit tutulurken diğer iki değişken belirlenen sınırlar arasında değerler almaktadır.

Sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinden renk giderimi için çizilen 3-D plotlardan görülmektedir ki persülfat dozu ve uygulanan elektriksel akım arttıkça renk giderim verimi artmaktadır. Reaksiyon süresi arttıkça da renk giderim verimi artmaktadır. Reaksiyon süresi ve akım değeri PS aktivasyonunu doğrudan etkilemektedir. Faraday kanununa göre sistemde artan reaksiyon süresi ve akıma bağlı olarak katalizör ve koagulant kimyasalı olarak görev yapan Fe(II) oluşumu artmaktadır. Ancak, pH arttıkça renk giderim verimi düşüş göstermektedir. Asidik koşullar altın persülfat aktivasyonu daha hızlı olup, sülfat radikalleri oluşturmakta ve renk giderim verimi artış göstermektedir. Bu durum, sülfat radikallerinin asidik şartlarda aktif olması ile açıklanabilir ( $\text{pH} < 7$ ) (Ahmadi et al. 2015; Ahmadi and Ghanbari, 2016).

Organik madde giderimi koagülasyon ve oksidasyondan oluşan iki farklı mekanizma üzerinden gerçekleşmektedir. Bir yandan akıma bağlı olarak ortamda artan Fe(II)’nin daha yüksek oranda persülfatı aktive etmekte dolayısıyla daha fazla miktarda sülfat radikali oluşmaktadır. Bir yandan da organik maddeler oluşan Fe hidroksitler ile çökelmektedir.



Şekil 3. EPD prosesi ile sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinde renk giderimi için cevap yüzey model grafikleri a)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{KOİ}$  oranı ve akım yoğunluğunun etkisi b)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{KOİ}$  oranı ve pH'nın etkisi c)  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{KOİ}$  oranı ve reaksiyon süresinin etkisi d) pH ve reaksiyon süresinin etkisi

Maksimum renk giderimi için optimum işletme şartlarını belirlemek üzere cevap yüzey modeli baz alınarak sayısal optimizasyon uygulanmıştır. Optimum koşullar altında, maksimum renk giderimi için proses şartları Tablo 6’da verilmiştir. Maksimum renk giderimi için optimum şartlar oksidant/KOİ oranı 2,5; uygulanan akım değeri 2,5 A; pH değeri 4,9; ve reaksiyon süresi 26,5 dakika olarak belirlenmiştir. Optimum şartlar altında model tarafından tahmin edilen renk giderim verimi %99,9’tir. Model uygunluğunu doğrulamak için optimum şartlar altında deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiş ve renk giderim verimi % 99,0 olarak bulunmuştur. Tahmini ve gerçek giderim verimleri birbirine yakındır.

**Tablo 6.** Maksimum renk giderimi için optimum sonuçlar

Faktör	Optimum Değer
Oksidant/KOİ	2,5
Akım, A	2,5
pH	4,9
Reaksiyon süresi, dk	26,5

## CONCLUSION

Sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinden renk giderimi için elektro-aktif peroksidisülfat prosesi uygulanmıştır. Renk giderimi üzerine işletme şartlarının etkilerini ve işletme şartlarının birbirleriyle etkileşimlerini belirlemek için Cevap yüzey metodu ve central composite design uygulanmıştır. Optimum şartlar oksidant/KOİ oranı 2,5; uygulanan akım değeri 2,5 A; pH değeri 4,9; ve reaksiyon süresi 26,5 dakika olarak belirlenmiştir. Optimum şartlar altında model tarafından tahmin edilen renk giderim verimi %99,9 olarak bulunmuştur. Elektro-aktif peroksidisülfat prosesinin sızıntı suyu nanofiltrasyon konsantresinden renk giderimi için alternatif bir ileri arıtma prosesi olduğu çıkarımı yapılabilir. Aynı zamanda, kullanılan cevap yüzey yöntemi ile etkili bir proses optimizasyonu gerçekleştirilmiştir.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research has been supported by “Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)” with the research project number of 118Y278. The authors wish to acknowledge ISTAC (Istanbul Metropolitan Municipality Environment Protection and Waste Material Recycling Industry and Trade J.S. Co.).

## REFERENCES

- Ahmadi, M., Ghanbari, F., 2016a. Optimizing COD removal from greywater by photoelectro-persulfate process using Box-Behnken design: assessment of effluent quality and electrical energy consumption. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 19350–19361. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7139-6>
- Ahmadi, M., Ghanbari, F., Moradi, M., 2015. Photocatalysis assisted by peroxymonosulfate and persulfate for benzotriazole degradation: Effect of ph on sulfate and hydroxyl radicals. *Water Sci. Technol.* 72, 2095–2102. <https://doi.org/10.2166/wst.2015.437>
- Alvarez-Vazquez, H., Jefferson, B., Judd, S.J. 2004 “Membrane bioreactors vs conventional biological treatment of landfill leachate: a brief review”, *Chemical Technology and Biotechnology*, 79 (10), 1043–1049.
- Amor, C., Torres-Socias, E.D., Peres, J.A., Maldonado, M.I., Oller, I., Malato, S., 2015. “Mature landfill leachate treatment by coagulation/flocculation combined with fenton and solar photo-fenton processes”, *Journal of Hazardous Materials*, 286, 261-268.
- APHA (2005) Standard methods for the examination of water and wastewater, American Public Health Association (APHA), 21st ed., Washington DC.
- Calabrò, P.S., Scaffoni, S., Orsi, S.Gentili, E., Meoni, C. 2010. “The landfill reinjection of concentrated leachate: Findings from a monitoring study at an Italian site”, *Journal of Hazardous Materials*, 181(1-3), 962-968.
- Chan, Y.J., Chong, M.F., Law, C.L., Hassell, D.G. 2009. “A review on anaerobic–aerobic treatment of industrial and municipal wastewater”, *Chemical Engineering Journal*, 155(1-2), 1-18.
- Chen, S., Sun, D., Chung, J.S., 2008. “Simultaneous removal of COD and ammonium from landfill leachate using an anaerobic–aerobic moving-bed biofilm reactor system”, *Waste Management*, 28, 339-346.



- Clarke, B.O., Anumol, T., Barlaz, M., cShane A.Snyder, S.A. 2015 “Investigating landfill leachate as a source of trace organic pollutants”, *Chemosphere*,127, 269-275.
- Comstock, S.E.H., Boyer, T.H., Graf, K.C., 2011. “Treatment of nanofiltration and reverse osmosis concentrates: Comparison of precipitative softening, coagulation, and anion exchange”, *Water Research*, 45, 4855-4865.
- Deng Y, Englehardt JD (2006) Treatment of landfill leachate by the Fenton process. *Water Res* 27: 380-388. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.08.009>
- Goi, A., Veressinina, Y., Trapido, M. 2010. “Fenton process for landfill leachate treatment: evaluation of biodegradability and toxicity”, *Journal of Environmental Engineering*, 136, 46–53.
- He, X.S., Xi, B.D., Gao, R.T., Wang, L., Ma, Y., Cui, D.Y., Tan, W.B. 2015. “Using fluorescence spectroscopy coupled with chemometric analysis to investigate the origin, composition, and dynamics of dissolved organic matter in leachate-polluted groundwater”, *Environmental Science and Pollution Research*, 22(11), 8499–8506.
- Hunce, S.Y.,Akgul, D., Demir, G., Mertoglu, B., 2012. “Solidification/stabilization of landfill leachate concentrate using different aggregate materials”, *Waste Management*, 32, 1394-1400.
- Li, X.Y., Zhang, L.W., Wang, C.W., 2012. “Review of Disposal of Concentrate Streams from Nanofiltration (NF) or Reverse Osmosis (RO) Membrane Process”, *Advanced Materials Research*,518-523, 3470-3475.
- Li, Z., Zhou, S., Qiu, J. 2007. “Combined Treatment of Landfill Leachate by Biological and Membrane Filtration Technology”, *Environmental Engineering Science*, 24, 9.
- Liu, Q., Zhang, X., Zhou, Y., Zhao, A., Chen, S., Qian, G., Xu, Z.P., 2011. “Optimization of fermentative biohydrogen production by response surface methodology using fresh leachate as nutrient supplement”, *Bioresource Technology*, 102, 8661-8668.
- Pérez, G., Saiz, J., Ibañez, R., Urriaga, A.M., Ortiz, I., 2012. “Assessment of the formation of inorganic oxidation by-products during the electrocatalytic treatment of ammonium from landfill leachates”, *Water Research*, 46, 2579-2590.
- Pérez, G., Saiz, J., Ibañez, R., Urriaga, A.M., Ortiz, I., 2012. “Assessment of the formation of inorganic oxidation by-products during the electrocatalytic treatment of ammonium from landfill leachates”, *Water Research*, 46, 2579-2590.
- Qi, X., Zhang, C., Zhang, Y., 2015. “Treatment of Landfill Leachate RO Concentrate by VMD”, *International Conference on Circuits and Systems (CAS 2015)*.
- Robinson, T. 2007. “Membrane bioreactors: Nanotechnology improves landfill leachate quality”, *Filtration & Separation*, 44(9), 38-39.
- Singh, S.K., Tang, W.Z., 2013. “Statistical analysis of optimum Fenton oxidation conditions for landfill leachate treatment”, *Waste Management*, 33, 81-88.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus chemistry: genesis, composition, reactions*, Wiley, New York.
- Talalaj, I.A., 2014. “Release of Heavy Metals on Selected Municipal Landfill during the Calendar Year”, *Ann. Set. Environ. Prot.*2014, 16, 404–420.
- Wan, Q.Y., Zhang,Y.L., Jin Bing Lin, J.B., 2014. “Catalyst Activity on Landfill Leachate Treatment with CWAO Method”, *Applied Mechanics and Materials*, 467, 127-132.
- Wang, H.Q., Le, C., 2016. “Study on the treatment of concentrated water from nanofiltration of bio-treated landfill Leachate by coagulation-sedimentation and Fenton oxidation process”. *Guangdong Chem. Ind.* 43, 116-117.
- Yang, W., Cicek, N., Ilg, J. 2006. “State-of-the-art of membrane bioreactors: Worldwide research and commercial applications in North America”, *Journal of Membrane Science*, 270(1-2), 201-211.
- Zhang, H., Zhang, D., Zhou, J., 2006. “Removal of COD from landfill leachate by electro-Fenton method”, *Journal of Hazardous Materials*, 135, 106-111.
- Zhang, Q.Q., Tian, B.H., Zhang, X., Ghulam, A., Fang, C.R., He, R. 2013. “Investigation on characteristics of leachate and concentrated leachate in three landfill leachate treatment plants”, *Waste Management*, 33(11), 2277-2286.

## Influence Different Parameters on Mix Design of Geopolymer Mortar Under Ambient Curing Condition

Qays B. Hameed<sup>1</sup>, Hasan M. Albegmprli<sup>1\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-1921-1110>)

<sup>2</sup> Northern Technical University, Engineering Technical College, Building and Construction Engineering Department, Mosul, Iraq.

\*Corresponding author e-mail: [albegmprli@ntu.edu.iq](mailto:albegmprli@ntu.edu.iq)

### Abstract

Geopolymer is a new alternative binder for production concrete that has attracted the attention of researchers because of its little impact on the environment compared to cement. This research examines the effect of specific parameters on geopolymer mortar product by metakaolin and fly ash in ambient curing condition. The parameters that studied were (metakaolin to fly ash ratio M/F, binder to sand ratio B/S, alkali activator to binder ratio AA/B, sodium silicate to sodium hydroxide SS/SH and different concentration of NaOH), The mixes were design by the Taguchi method. The results appear that the parameters (M/F ratio, AA/B ratio and concentration of SH) were clearly impacted on the compressive strength and flexural strength and the least impact was for SS/SH, S/B. Results show that the geopolymer mortar can be produced with compressive strength of 23MPa and flexural strength of 5.1MPa at 28 days.

**Keywords:** Geopolymer, Mortar, Mix design.

### INTRODUCTION

Cement is used as binder material in concrete production extensively worldwide; therefore, the demand on cement at increasing each year especially in developing nations, cement production has contributed significantly in CO<sub>2</sub> emission, which estimated at 5% of the global emission. It is known that production of one ton cement poses about one ton of CO<sub>2</sub> emission [1]. In recent years, the researchers have conducted many studies to find substitutional materials for cement, In order to reduce the impact of cement industry on the environment and waste disposal in other industries. Pozzolanic materials such as Fly ash, Metakaolin and blast furnace slag are potential alternatives from cement by activating it using various alkalis [2].

The chemical reaction between pozzolanic materials and alkali liquid called polymerization process, although the chemical process is still not fully understood. The source of alkaline activator and pozzolanic materials are important in geopolymer performance, it was found that the chemical composition of source materials and alkaline activators are effected significantly on the mechanical properties of geopolymer [3]. Fly ash is consider one of the most materials used as binder in the geopolymer because of its abundance in large quantities in addition to pertinent silica and alumina composition, However, the fly ash class f is faces the represent challenge that it needs to be cured at high temperature in geopolymer [4].

Metakaolin is a clay (kaolinite, dickite, nacrite, halloysite) burned at a temperature of 500–800 °C and contains Si and Al, it interacts with the alkaline activator to product metakaolin-based geopolymer and mechanism of reaction accrue in four stage as follows [5]

- Dissolved metakaolin by alkaline activator to Si and Al.
- Aluminosilicate oligomers produces from react Si and Al with silica in alkali activator.
- Turned aluminosilicate oligomers to aluminosilicate gel by polymerization and gelation.
- Cure stage, setting time is determined and depended on curing condition, mix proportion and presence of impurities.

Görhan et al, studied the effect of curing on the properties of metakaolin and fly ash-based geopolymer paste, the curing temperature was 60-80 °C for 2h 4hr and 24hr, fly ash replacement by metakaolin with rate 10% to 40% with constant concentration of NaOH. It has been concluded that the best curing temperature and curing time is 60°C for 2hr. when the metakaolin rate increase the compressive strength increase. . The compressive strength value of the samples for best curing process was 25.1 MPa in 40% metakaolin substitution [6].

Rocha et al. studied effective of different alkaline activators on the metakaolin-based geopolymer under ambient curing. The alkaline activators was four different types (Potassium and sodium silicates and potassium and sodium hydroxides). The results of compressive strength were close and varying according to age but the homogeneity of sample was different from types of activator to another, potassium silicate samples exhibited a homogeneous microstructure [7].

Wang et al. studied the extent to which Metakaolin geopolymer paste was affected by the concentration of NaOH. The NaOH concentrations was used in this research (8, 10, 12, 14 and 16)M. Compressive strength for 7 days were increase with increase the concentration of NaOH in specimens the concentrate 16M was given the maximum compressive strength [8].

Lahoti et al. studied the effect many parameter on mechanical properties to meatkaolin gropolymer mortar. The four parameter studied were Si/Al (molar ratio), water/solids (mass ratio), Al/Na (molar ratio) and H2O/Na2O (molar ratio), and experiments and statistical analyses was be used for determine the affective these parameters. The result of statistical analysis were collection from 35 laboratory result and 36 from published literature results. The results shown that the parameter Si/Al ratio was the most important followed by Al/Na ratio while the water/solids ratio was not the chief factor affected on compressive strength [9].

Hameed et al. studied the effect many facors on mechanical properties to geopolymer mortar manufacturing from fly ash and Metakaolin, the study was conducted in two stage the first stage was fly ash, second stage was Metakaolin and both stage were prepared by sodium hydroxide to sodium silicates (0.4-0.5) , concentration (8-12)M, sand, water and different curing. The test results indicate that sunlight may be replace oven curing, High ratio of AA/ash, SS/SH and concentration of SH does not necessarily lead to high compressive strength. The optimum compressive strength was in SS/SH is 0.45 [10]

## MATERIALS AND METHODS

Metakaolin production from burned the kaolin clay at  $700^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$  for one hour, that collected from Al-Anbar Governorate. After burning process, Metakaolin is grinding to specific surface area  $2310 \text{ mm}^2/\text{g}$ . The chemical compositions of Metakaolin shown in Table 1 and it was within limits of ASTM C618 [11] for pozzolanic materials.

Fly ash (low calcium content) from Chryso Company conforms to ASTM C618 class F and the chemical compositions shown in Table 1. The alkali activator was used from mixture consisting of sodium hydroxide and sodium silicate. The Sodium hydroxide SH was commercially flakes has 99% purity and dissolved in water to obtain the solution, The chemical composition of the sodium silicate that used in this research was Na2O 14.7%, SiO2 29.4% and 55.9% water, with a silicon dioxide/sodium oxide ratio of 2.

The fine aggregate was used for geopolymer mortar production from locally available sand in Mosul city. The grading of sand were conforming to the requirements ASTM C778-13 [12] graded sand shown in Table 2.

**Table 1.** Chemical compositions of materials

Chemical composition	Fly ash %	Metakaolin %
SiO <sub>2</sub>	42.01	50.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.98	38.67
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11.90	1.87
CaO	0.71	0.43
MgO	2.11	0.24
SO <sub>3</sub>	0.74	0.14
K <sub>2</sub> O	---	0.42
Na <sub>2</sub> O	0.79	0.12
L.O.I	2.76	6.1

In this search, The fly ash metakaolin based geopolymer mortar FA-GMK casting 32 mixes with many different parameters, including sand/binder ratio (1.5, 2, 2.5 and 3), alkali liquid/binder ratio (0.35, 0.45, and 0.5), SS/SH (1.5, 2, 2.5 and 3), and SH concentration (8, 10, 12, and 14 M).The mixtures were designed by Taguchi method according to parameters that affecting on the mix that mentioned previously. The impact of each parameter is determined through the compressive strength at 28 days and flexural strength at 28 days. The alkali activator is prepared before 24h from casting where the sodium hydroxide solution is prepared by mixing water with SH plates according the required molarity and leaves to cool, mixes sodium silicate with sodium hydroxide solution. The binder and sand were mixed in dry condition and then the alkaline activator was added with superplasticizer and mix for three minutes, added water if the mortar needed extra water for obtain good flow (workability) ASTM C 230 [13]. The geopolymer mortar was casted in 50\*50\*50 for compressive strength and 40\*40\*160mm for flexural strength according to ASTM C 109 and ASTM C348 respectively [14][15], after 24h, specimens were removed from the moulds and left to started the curing process until the time of test.the specimens was covered by the plastic caps to avoid water evaporation. The curing process was ambient curing. The specimens leave in laboratory condition until the time of test. the design of mix by used Tachugi method for select the best mix for casting while select 16 mix for each content of metakaoln such as (A0,A50)

**Table 2.** Show the mixes proportion

	Binder (kg/m <sup>3</sup> )	Sand (kg/m <sup>3</sup> )	Molarity	SH (kg/m <sup>3</sup> )	SS (kg/m <sup>3</sup> )	Super (kg/m <sup>3</sup> )
A	779.133	1168.7	8	109.1	163.6	9.7
B	663.413	1326.8	10	88.5	176.9	8.3
C	577.516	1443.8	12	74.3	185.6	7.2
D	511.261	1533.8	14	63.9	191.7	6.4
E	538.641	1615.9	12	62.8	125.7	6.7
F	586.822	1467.1	14	93.9	140.8	7.3
G	650.797	1301.6	8	73.2	219.6	8.1
H	723.594	1085.4	10	103.4	258.4	9.0
I	680.669	1361.3	14	68.1	170.2	8.5
J	763.642	1145.5	12	76.4	229.1	9.5
K	517.490	1552.5	10	93.1	139.7	6.5
L	564.793	1412.0	8	94.1	188.3	7.1
M	602.637	1506.6	10	52.7	158.2	7.5
N	529.434	1588.3	8	60.5	151.3	6.6
O	740.468	1110.7	14	111.1	222.1	9.3
P	631.397	1262.8	12	126.3	189.4	7.9

## RESULTS AND DISCUSSION

### Optimum Metakaolin content in Geopolymer mortar CONCLUSION

According to the Taguchi method compressive strength had been used as the evaluation criteria for the 32 test mixes, the specimens with a binder content 50% fly ash replacement by metakaolin, the sand to binder ratio 1.5, SS / SH ratio of 2, Al / Binder ratio 0.50, and SH concentration of 12 M obtained the maximum compressive strength. The lowest compressive strength was obtained by G0 specimens with a binder content 0% fly ash replacement by metakaolin of, Al/Binder ratio 0.45, The sand to binder ratio 2, SS/SH ratio of 3, and SH concentration of 8 M.

The ratio of MK in this research was 0%, and 50% from the binder to investigate its effect on the properties of geopolymer mortar. All mixtures in Table 2 casting for each MK ratio. When comparing the mean compressive strength results that show in Table 3 appear development compressive strength with increase the of MK content, It is found that mixtures containing 0% MK, reacted slowly to develop compressive strength at ambient condition. The mean compressive strength at 28-days for Mixes 0% MK was only 11.78 MPa. However, when

MK was added, the compressive strength increased significantly. At 28 days, the geopolymer mortar mixes having 50% MK from binder 17.24 MPa. This is similar to many research studies [16]. The flow of the mixes increase with increase the Mk content because the extra water demand increase.

**Table 3.** Show the results of tests of samples

Name	0% of metakaolin			50% replacement metakaolin		
	Flow (mm)	Compressive strength (MPa)	Flexural strength (MPa)	Flow (mm)	Compressive strength (MPa)	Flexural strength (MPa)
A	103	9.73	1.8	102	13.08	3.55
B	102	11.36	3.2	107	17.88	3.69
C	106	12.14	3.7	111	18.92	3.3
D	107	10.89	2	103	16.62	3.85
E	104	13.32	4	104	17.82	3.18
F	109	10.22	2.1	101	17.42	4.19
G	108	8.67	1.2	106	12.23	3.73
H	112	14.78	3.8	112	18.89	3.95
I	101	9.74	1.7	110	17.11	4.1
J	108	13.49	4.2	104	19.91	5.32
K	103	15.1	3	107	16.97	3.38
L	100	10.24	1	103	15.06	2.98
M	104	14.53	2.8	110	16.35	3.04
N	102	8.76	2.7	105	15.84	2.87
O	111	10.21	2.4	106	18.53	4.63
P	104	15.37	4.1	101	23.22	5.1

### Effect of Alkali to binder ratio and Sodium Silicate to Sodium Hydroxide ratio

The compressive and flexural strength development in geopolymer mortar when change the AL/B ratio and SS/SH ratio was irregularly which the mean of results to change Al/B was ( 13.96, 14.36, 14.10 and 15.63)MPa for compressive strength and (3.02, 3.53, 3.16, 3.34)MPa for flexural strength respectively as shown in the figures 1 and 2. Although the strengths are irregular but its development with increased Al/B ratio and this development in strength depended on the quality the chemical reaction to geopolymerisation process, the major factor effective in this process is amount of reactive silica. the increased on Al/B is working increase the available amount of SiO<sub>2</sub> that it obtain from dissolved silica from binder and alkali solution which lead to increase the ratio of SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and formed more Si-O-Si that stronger bonds than Si-O-Al, and their presence explains why the strength of geopolymers development with increase Al/B.

In the different SS/SH ratio, the change in mean results to compressive strength from (15.14, 14.09) MPa for minimum and maximum. While the results in flexural strength were (3.4, 3.1) MPa as shown in figure 1 and 2. In geopolymer, sodium is consider important in achieving an ion balance in the formation of geopolymer, but the results show that increase of sodium decrease the strength because sodium silicate excess working on inhibits water evaporation and structure formation. In addition, sodium carbonate can be formed when excess sodium content react with carbonation in atmospheric that may cause unbalance in the polymerization process [10].

The flow of all mixes is not regular with increase the alkali to binder but the flow increase with rise the SS/SH ratio. Fig 3 shown flow results.

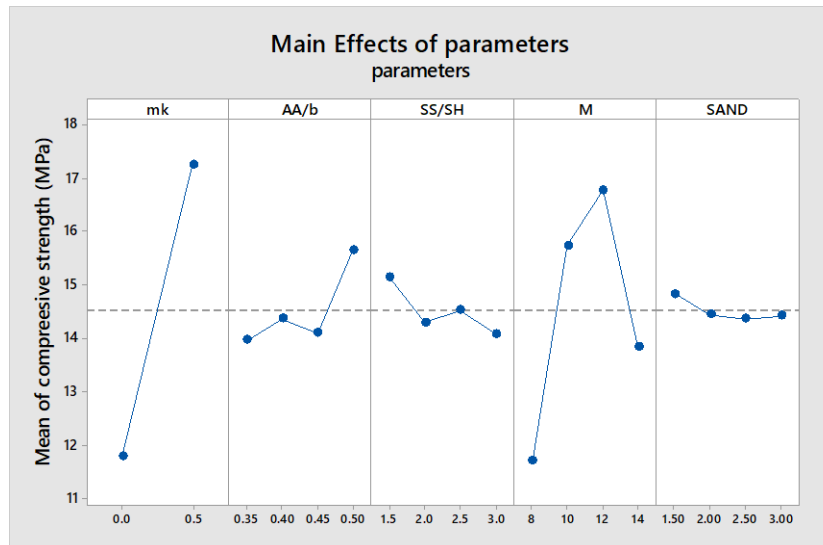


Figure 1: effective of parameter in compressive strength at 28 days

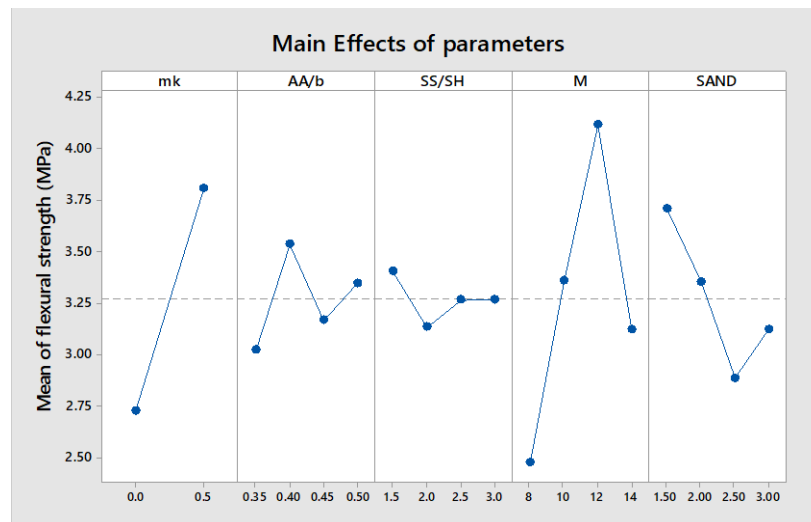


Figure 2: Effective of parameter in flexural strength at 28 days

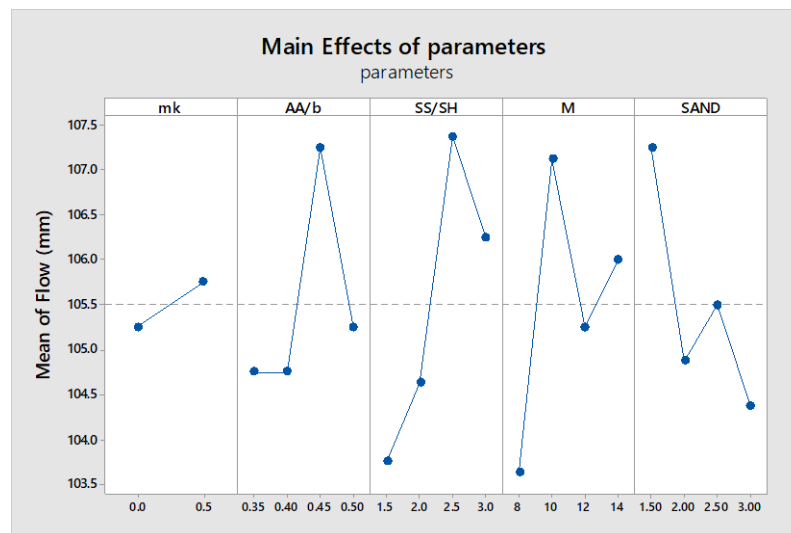


Figure 3: effective of parameter in flow (mm)

## Effect of NaOH Concentration and Sand

The concentration of NaOH is the most influencing parameter on the results. Increasing the concentration of NaOH increased the strength up to limit 10, 12M and then decrease the strength as shown in figures 1 and 2. The increase in the concentration of NaOH leads to activated the Si and Al in MK and Fa that needed to strong alkalis for activating and breaking down the bonds of the main oxides in geopolymerization process and increase NaOH concentration is improving the formation of alumino-silicate gel at early stage, the strength decreases with increase the sand to binder ratio as shown in the figures 1 and 2.

## CONCLUSION

The research study used three different percentages (0%, 50%) from Local manufactured Metakaolin replaced by fly ash. The metakaolin was used to investigate the effect of alkaline activators solutions and sand on the compressive and flexural strengths up to 28 days in ambient curing. This paper also reports the results of an experimental investigation on the effect of different alkaline to binder ratio, sodium silicate to sodium hydroxide ratio, concentrations of NaOH in the alkaline activator solution, and the ambient curing regime on the strength. The Al/B ratio was diversified between 0.35 to 0.5, SS/SH was diversified between 1.5 to 3 and the molarity of NaOH and sand/binder ratio were diversified between 8 M and 14 M and 1.5 to 3, respectively. The specimens were kept in ambient condition of 28.

Based on the tests and the results obtained, the following conclusions were drawn.

- The geopolymer mortar with 50% MK content, Al/B ratio of 0.5, SS/SH ratio of 1.5, SH concentration of 12 M and to binder ratio of 1.5 achieved the highest 28-day compressive strength (23.22 MPa) and flaxtural strength 5.1 (MPa) at ambient curing conditions.
- The parameters that clearly influenced the strengths results in this research were type of binding binder, Al/Binder ratio, and SH concentration, and to a lesser extent influenced by sand/binder ratio, SS/SH ratio.
- The concentration of NaOH in alkaline activator (molarity) affects on the strength , showed that strength increase an increase up to 12 M; however, there is a decrease at 14 M in the strength of mortar.

## REFERENCES

- [1] Scrivener, K. L., & Kirkpatrick, R. J. (2008). Innovation in use and research on cementitious material. *Cement and Concrete Research*, 38(2), 128–136. doi:10.1016/j.cemconres.2007.09.025
- [2] Slaty, F., Khoury, H., Wastiels, J., & Rahier, H. (2013). Characterization of alkali activated kaolinitic clay. *Applied Clay Science*, 75-76, 120–125. doi:10.1016/j.clay.2013.02.005.
- [3] Hadi, M. N. S., Zhang, H., & Parkinson, S. (2019). Optimum mix design of geopolymer pastes and concretes cured in ambient condition based on compressive strength, setting time and workability. *Journal of Building Engineering*. doi:10.1016/j.jobeb.2019.02.006.
- [4] Nath, P., & Sarker, P. K. (2014). Effect of GGBFS on setting, workability and early strength properties of fly ash geopolymer concrete cured in ambient condition. *Construction and Building Materials*, 66, 163–171. doi:10.1016/j.conbuildmat.2014.05.080.
- [5] Kim, B., & Lee, S. (2020). Review on characteristics of metakaolin-based geopolymer and fast setting. *Journal of the Korean Ceramic Society*, 57(4), 368–377. doi:10.1007/s43207-020-00043-y.
- [6] Görhan, G., Aslaner, R., & Şinik, O. (2016). The effect of curing on the properties of metakaolin and fly ash-based geopolymer paste. *Composites Part B: Engineering*, 97, 329–335. doi:10.1016/j.compositesb.2016.05.019.
- [7] Rocha, T. da S., Dias, D. P., França, F. C. C., Guerra, R. R. de S., & Marques, L. R. da C. de O. (2018). Metakaolin-based geopolymer mortars with different alkaline activators (Na + and K + ). *Construction and Building Materials*, 178, 453–461. doi:10.1016/j.conbuildmat.2018.05.172.
- [8] Wang, J., Zhang, C., Xu, J., Qu, P., Zhou, Y., & Han, H. M. (2012). The Effect of Alkali on Compressive of Metakaolin Based Geopolymeric Cement. *Advanced Materials Research*, 554-556, 327–330. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.554-556.327.

- [9] Lahoti, M., Narang, P., Tan, K. H., & Yang, E.-H. (2017). Mix design factors and strength prediction of metakaolin-based geopolymer. *Ceramics International*, 43(14), 11433–11441. doi:10.1016/j.ceramint.2017.06.006.
- [10] Hameed AM, Rawdhan RR and Al-Mishhadani SA (2017). Effect of Various Factors on the Manufacturing of Geopolymer Mortar. *Archives of Science*, 1(3). 1000111.
- [11] ASTM C618-19, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2019 .
- [12] ASTM C778-13, Standard Specification for Standard Sand, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- [13] ASTM C230 / C230M-13, Standard Specification for Flow Table for Use in Tests of Hydraulic Cement, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- [14] ASTM C109 / C109M-13e1, Standard Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in. or [50-mm] Cube Specimens), ASTM International, West Conshohocken, PA, 2013.
- [15] ASTM C348-14, Standard Test Method for Flexural Strength of Hydraulic-Cement Mortars, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2014.
- [16] Logesh Kumar, M., & Revathi, V. (2016). Metakaolin bottom ash blend geopolymer mortar – A feasibility study. *Construction and Building Materials*, 114, 1–5. doi:10.1016/j.conbuildmat.2016.03.149.



## Investigation of the effect of alpha hemihydrate on early age strength and strength development of calcium aluminate cement

Murat Saydan<sup>1\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-3598-468X>), Ulku Sultan Keskin<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-3598-468X>), Burak Uzal<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Konya Technical University, Engineering and Nature Science Faculty, Civil Eng. Dep., Konya, Turkey.

<sup>2</sup>Konya Technical University, Engineering and Nature Science Faculty, Civil Eng. Dep., Konya, Turkey.

<sup>3</sup>Abdullah Gul University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Kayseri, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: msaydan@ktun.edu.tr

### Abstract

Calcium Aluminate Cement is a type of cement which produced by mixing and burning bauxite and limestone in different proportions. Calcium Aluminate Cement's has superior properties compared to Portland cement such as high early age strength, high chemical and fire resistance etc. Unlike these advantages, the most important problem of Calcium Aluminate Cement is the loss of compressive strength that occurs at a later age as a result of a series of reactions called transformation reactions. Especially in the past decades, Calcium Aluminate Cements has been started to be used by making binary and ternary mixes instead of using it on its own. Gypsum is the most frequently used material to improve hydration reactions by providing formation of ettringite or AFt and AFm phases in binary mixtures. On the other hand, different types of Gypsum affect hydration kinetics and the products. In the literature, the most used gypsum types are unhydrate, hydrate and hemihydrate. These types vary according to amount of water in the CaSO<sub>4</sub> molecule. Besides that, hemihydrates is divided into two types as alpha and beta depending on the type of production. In the recent studies, not alpha hemihydrates but beta hemihydrates has been used in the binary and ternary systems. In this research, binary systems were formed by replacing with cement 20%, 30% and 40% alpha hemihydrate by weight of CAC supplied by Kerneos. In addition, 1% lithium sulfate by weight of CAC is added to mixtures for accelerate early age strength. The strength development of the specimens were determined in 1, 2, 6, 24 hours and 3, 7, 14, 28 days by compressive strength test. Thus, the effect of alpha hemihydrate on early age strengths and the strength development of CAC were investigated together.

**Keywords:** calcium aluminate cement, alpha hemihydrate, early strength, strength development.

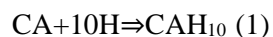
### INTRODUCTION

Calcium aluminate cement (CAC) is a type of cement with some superior properties compared to Portland Cement (PC) such as fast early strength gaining, resistance to high temperatures and temperature changes, chemical factors and resistance to impact and abrasion (Scrivener and Capmas 1998). This higher strength and durability makes CAC more advantageous compared to PC under certain conditions. Especially the high strength at an early ages is one of the most important feature of CAC (Scrivener 2003). With this feature, CAC systems can be used in special applications requiring early high strength.

The main oxides in the CAC are CA and CA<sub>2</sub> (Calcium aluminates). The percentage of CA change depending on the percentage of aluminum in the used bauxite in production. CACs with high CA ratio is white in color, while contains low CA ones is dark gray (Scrivener, Cabiron et al. 1999).

The biggest disadvantage of CAC is that the strength decreases due to the conversion reactions that usually occur in older ages. The conversion reactions that can be seen in CACs at different temperatures and ages are given in eqs (1), (2), (3) and (4) (Scrivener, Cabiron et al. 1999). As a result of unstable phase conversion, porosity increases and strength decreases. This situation causes an increase in the porous structure and as a result strength decreases.

Intermediate phase that will occur at temperatures of 27-35 °C;



Intermediate phase that will occur at temperatures of 35-65 °C;



The transformation reactions of these phases to stable phases;



Various studies have been carried out to eliminate or limit this conversion reactions in recent years. The most common method of limiting these strength decreases is to prevent intermediate phases from forming by curing samples at high temperatures. Especially, Majumdar and Singh (1992) and Sakai, Sugiyama et al. (2010) were observed that stable phases such as  $C_3AH_6$  were formed directly at temperatures above 40 °C. In addition it has been shown that the conversion reactions can be prevented with the formation of strätlingite ( $C_2ASH_8$ ) as a result of the hydration of the mixtures, which are called ternary systems and formed by gypsum, a silica source (such as fly ash, silica fume etc.) and CAC (Midgley and Bhaskara Rao 1978, Ding, Fu et al. 1995, Okoronkwo and Glasser 2016). In these researchs, PC is sometimes used instead of silica source to accelerate hydration in ternary systems. However, varying proportions of gypsum were used in all ternary systems (Gu, Fu et al. 1994, Li, Zhang et al. 2016, Zhang, Li et al. 2018). The gypsum ( $CaSO_4$ ) or hemihydrate ( $CaSO_4 \cdot 1/2H_2O$ ) reacts rapidly with the CA phases in CAC to form ettringite. Unfortunately, although ettringite is a large molecule structure, it can cause volume changes in mortars by losing its water very quickly.

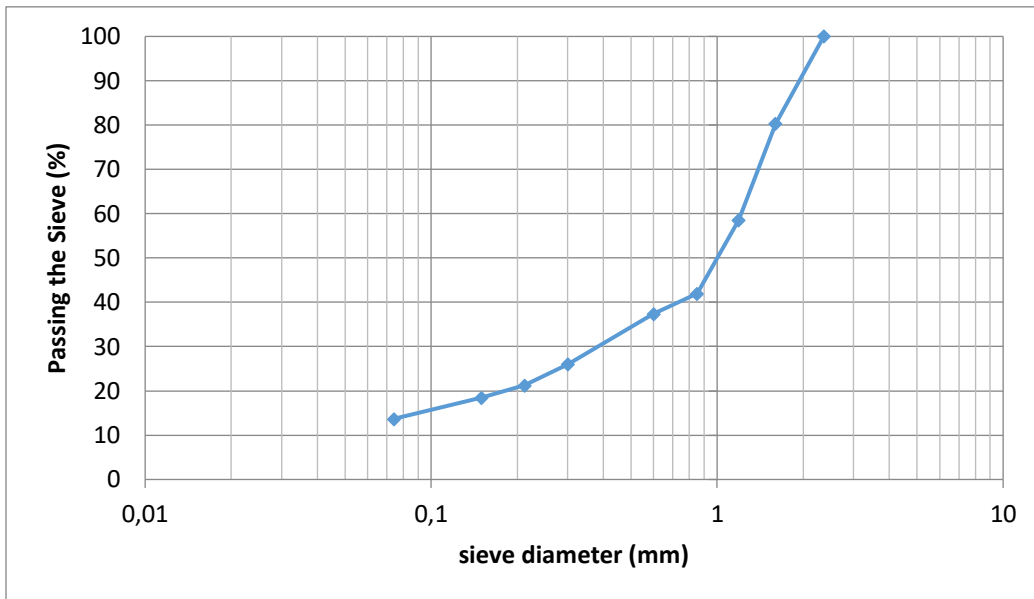
There are two types of hemihydrate, alpha hemihydrates ( $\alpha$ -Hh) and beta hemihydrates ( $\beta$ -Hh).  $\beta$ -Hh produces from gypsum calcined in open air or kiln while  $\alpha$ -Hh produces from gypsum calcined under high steam pressure. The formulas of the two types of hemihydrate are the same and differences from each other cannot be detected in X-Ray diffraction analysis (Morris 1963). The most important difference between the two types of hemihydrate is in their geometric structure. The  $\alpha$ -Hh is prismatic-dense crystal structure while the  $\beta$ -Hh is niddle type-spongy crystal structure. The compressive strength of  $\alpha$ -Hh is higher than  $\beta$ -Hh therewithal. The  $\beta$ -Hh has been used as hemihydrate in almost all studies conducted with ternary systems in the literature. However, in this study, the mixtures were prepared with CAC and  $\alpha$ -Hh in diffrent proportions. Thus, the effect of  $\alpha$ -Hh was examined on CAC early age strength and strength development.

## MATERIALS AND METHODS

In this study, mixtures were prepared with Secar 51 (Kerneos Inc.) and  $\alpha$ -Hh (Nuh Alçı Inc.) in diffrent proportions. Table 1 shows the XRF test results of the raw materials. On the other hand, bleine fineness and the density of raw materials are given in table 2. As an aggregate 0-2.36 mm crushed marble was used. Granulometry curve of the aggregate was given in Figure 1. The used mix proportions by weight were water:CAC:aggregate as 0.3:1:2. In addition,  $LiSO_4$  was added to all mixtures in equal molar proportions to accelerate hydration (1% by weight of CAC). Sika PC15 was used as an water reducer. The mixing ratios and specimen names are given in table 3.

**Table 1.** Chemical Composition of the Raw Materials by XRF

Material	Compounds (by weight%)										
	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SrO
Secar 51	37.4	48	0.07	5.17	4.62	2.30	1.48	0.321	0.245	0.110	0.04
$\alpha$ -Hemihyd	41		54	4.34	0.185						0.213
Aggregate	61	0.170	0.01	38.4	0.247			0.065			



**Figure 1.** Granulometry curve of used aggregate

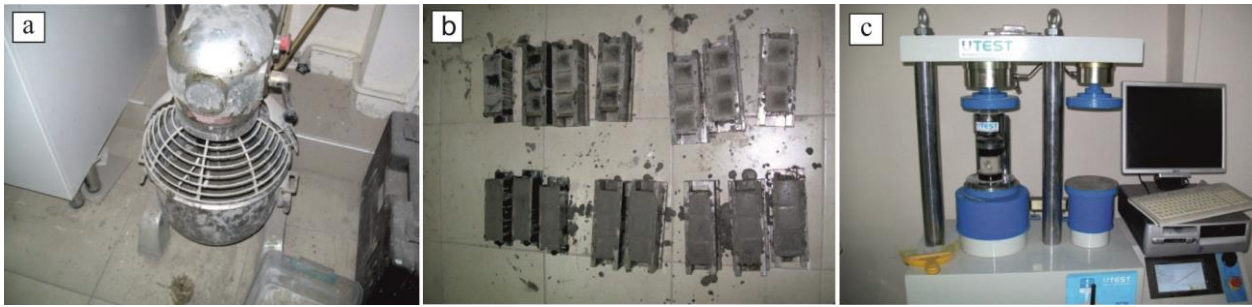
**Table 2.** Physical properties of raw materials

Material	Blaine fineness (cm <sup>2</sup> /g)	Density (gr/cm <sup>3</sup> )
Secar 51	4306	2.99
$\alpha$ -Hemihydrate	2860	2.70
Aggregate	-	2.65

The following procedure was conducted to produce specimens. Firstly, dry mixtures of binder, CAC and  $\alpha$ -Hh were stirred with kitchen type mixer. On the other side, water, chemical reducer (SİKA PC15) and LiSO<sub>4</sub> were stirred with high speed homogenizer. Then, water with chemical reducer (SİKA PC15) and LiSO<sub>4</sub> were added to dry binder. Water was added to the dry mixture and mixed for two minutes at high speed. Lastly, the aggregate was added the fresh paste and mixed altogether two minutes at normal speed (Figure 2a). The mixing specimens was poured into a 50\*50\*50 mm mold for curing (figure 2b). After demolding the specimens were cured in cure cabinet under 99% relative humidity and 22±1 °C temperature. The compressive strength test was performed on cured specimens at 1,2 6 hours and 1,3,7,14,28,45 and 90 days aged (Figure 2c).

**Table 3.** Specimen Names and Mixture Ratios

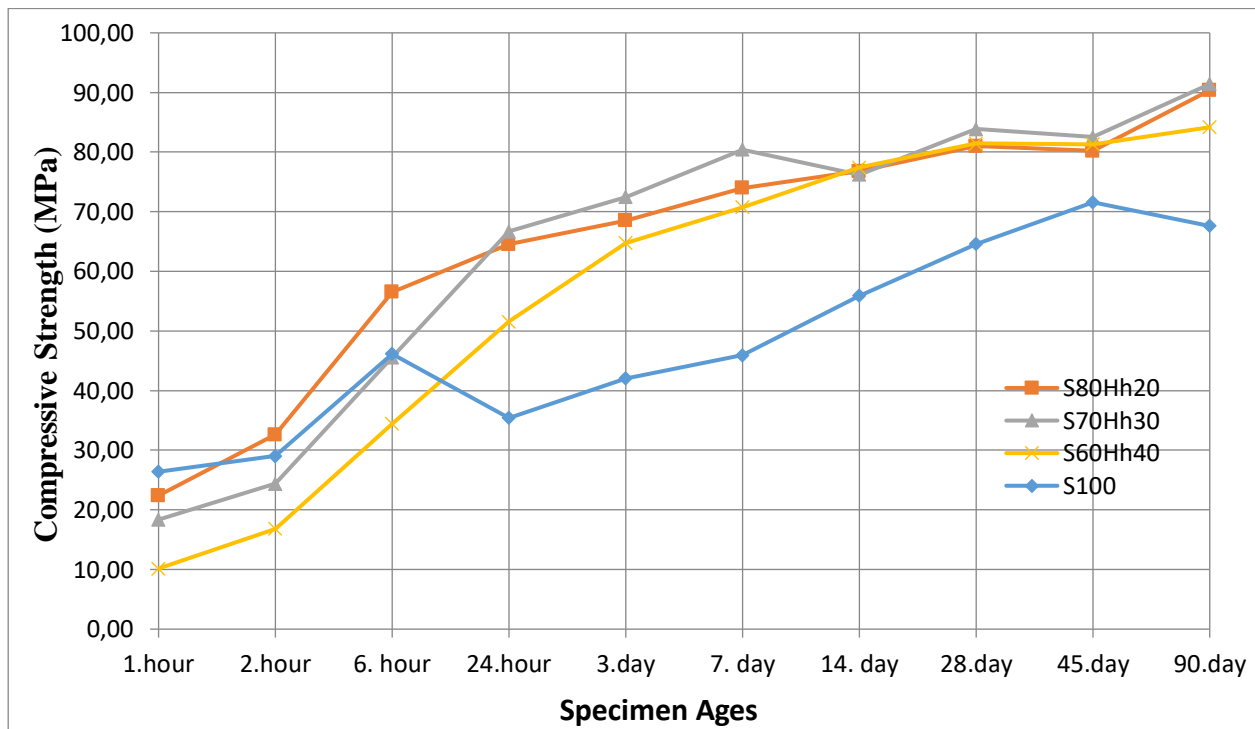
Specimen Name	Used materials (by weight)					Binder /aggregate (% wt)
	Secar 51 (% wt)	$\alpha$ -Hemihydrate (% wt)	Water/binder (% wt)	LiSO <sub>4</sub> (% wt)	Water reducer (% wt)	
<b>S100 (Ref.)</b>	100	0	0.3	1	2	0.5
<b>S80Hh20</b>	80	20	0.3	1	2	0.5
<b>S70Hh30</b>	70	30	0.3	1	2	0.5
<b>S60Hh40</b>	60	40	0.3	1	2	0.5



**Figure 2.** Preparation of the Specimens a) Mixing, b) Molding, c) Compressive Strength Test

## RESULTS and DISCUSSION

As can be seen from the graph (Figure 3), The increase in the amount of  $\alpha$ -Hh reduced the early strength of the specimens in 1 hour. First hour compressive strength of S100, S80Hh20, S70Hh30 and S60Hh40 are 26.4, 22.40, 18.37 and 10.17, respectively. It is seen from the graph that the increase in the  $\alpha$ -Hh ratio decreases the strengths in the first hour. On the other hand, the decrease of strength was occurred earlier than others in the S100 specimens. While a decrease in strength was observed between 7 and 14 days in the S70Hh30 specimen, no significant decrease was observed in the other samples. The strength increase rate in S80Hh20, S70Hh30 and S60Hh40 is higher than S100 at the first 6 hours. Considering to the results, it is clearly seen that the relatively highest strength decrease occurred between 6-24 hours in S100 sample.



**Figure 3.** Compressive Strength of Specimens

## CONCLUSION

This study investigated the effect of alpha hemihydrates on the early age compressive strength and strength development of CAC. The findings obtained in this study can be summarized as follows;

The decrease of strength in the reference sample (S100) shows that the conversion reactions occur rapidly in the first days. Although this behavior is consistent with the literature, it was observed at earlier ages with the effect of  $\text{LiSO}_4$ .

The decrease of strength was occurred earlier than others in the S100 specimens.

It is considered that the high strength increase rate at S80Hh20, S70Hh30 and S60Hh40 during the first hours is due to ettringite formation.

In further studies, the use of amorphous silica is considered that need to support the formation of ettringite and straetlingite for to eliminate strength decreases.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study has been drawn up from the doctoral thesis of Murat SAYDAN. The authors gratefully acknowledge the financial assistance of the Scientific and Technical Research Council (TUBITAK) of Turkey and British Council provided under project: 119M159.

## REFERENCES

- Ding, J., Y. Fu and J. J. Beaudoin (1995). "Strätlingite formation in high alumina cement - silica fume systems: Significance of sodium ions." *Cement and Concrete Research* 25(6): 1311-1319.
- Gu, P., Y. Fu and J. Beaudoin (1994). "A study of the hydration and setting behaviour of OPC-HAC pastes." *Cement and concrete research* 24(4): 682-694.
- Li, G., A. Zhang, G. Zhang and T. Tian (2016). "Study on a high strength ternary binder cured under different conditions." *Construction and Building Materials* 107: 385-393.
- Majumdar, A. J. and B. Singh (1992). "Properties of some blended high-alumina cements." *Cement and Concrete Research* 22(6): 1101-1114.
- Midgley, H. G. and P. Bhaskara Rao (1978). "Formation of stratlingite,  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 8\text{H}_2\text{O}$ , in relation to the hydration of high alumina cement." *Cement and Concrete Research* 8(2): 169-172.
- Morris, R. (1963). "X-ray diffraction identification of the alpha-and beta-forms of calcium sulphate hemihydrate." *Nature* 198(4887): 1298-1299.
- Okoronkwo, M. and F. Glasser (2016). "Stability of strätlingite in the CASH system." *Materials and Structures* 49(10): 4305-4318.
- Sakai, E., T. Sugiyama, T. Saito and M. Daimon (2010). "Mechanical properties and micro-structures of calcium aluminate based ultra high strength cement." *Cement and Concrete Research* 40(6): 966-970.
- Scrivener, K. (2003). 2 - Calcium aluminate cements A2 - Newman, John. *Advanced Concrete Technology*. B. S. Choo. Oxford, Butterworth-Heinemann: 1-31.
- Scrivener, K. L., J.-L. Cabiron and R. Letourneux (1999). "High-performance concretes from calcium aluminate cements." *Cement and Concrete Research* 29(8): 1215-1223.
- Scrivener, K. L. and A. Capmas (1998). 13 - Calcium Aluminate Cements A2 - Hewlett, Peter C. *Lea's Chemistry of Cement and Concrete (Fourth Edition)*. Oxford, Butterworth-Heinemann: 713-782.
- Zhang, J., G. Li, X. Yang, S. Ren and Z. Song (2018). "Study on a high strength ternary blend containing calcium sulfoaluminate cement/calcium aluminate cement/ordinary Portland cement." *Construction and Building Materials* 191: 544-553.

## Damage processes in fiber reinforced concrete based on acoustic emission technique

Sena Tayfur\* (<https://orcid.org/0000-0003-3445-824X>), Ninel Alver (<https://orcid.org/0000-0002-7095-944X>)

Ege University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Izmir, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: sena.tayfur@ege.edu.tr

### Abstract

Due to brittleness and lower strain energy capacity of concrete, adding ductile fibers into concrete mixture has become widespread. By this means, ductility and energy absorption of the concrete are enhanced. In addition, bridging effect of fibers stabilizes crack growth and alters fracture mechanism. To reveal these damage processes, acoustic emission (AE), which is one of structural health monitoring techniques, is proven to be effective. For this purpose, in this study, AE was utilized to monitor failure mechanism of micro synthetic fiber reinforced concrete. Within the experimental procedure, a reference conventional and two micro synthetic fiber reinforced concrete beam specimens were produced and were loaded to simulate bending behavior in the laboratory conditions. Accordingly, AE measurements were made simultaneously using six piezoelectric sensors and damage activities were converted into electrical signals. By analyzing characteristics of these signals and mechanical results, damage processes of the specimens were evaluated and compared.

**Keywords:** Concrete, acoustic emission, micro synthetic fiber, damage.

### INTRODUCTION

Synthetic fibers are frequently used for production of fiber-reinforced concrete. Homogeneously dispersed fibers prevent crack formations and decelerate their progressions (Song and Hwang, 2004). The greatest effect of the fibers is to transfer the stresses at the end of the cracks to themselves. In addition, amount and size of the fiber also affect the mechanical properties of concrete (AbdelAleem et al., 2019).

In order to reveal fracture mechanisms of such type of composite materials, acoustic emission (AE) method, which bases on detection and analysis of elastic waves released from damages within a stressed material (ASTM E1316, 2002) is effective. This technique is used in different fields to detect cracks and leakages (Peng et al., 2020; Quy and Kim, 2021).

For this reason, AE technique was used in this study to investigate damage processes of micro synthetic fiber reinforced concrete under flexure. Accordingly, a control concrete beam and two fiber reinforced concrete beams were produced and tested under three-point-bending in the laboratory conditions. By analyzing characteristics of AE signals and mechanical results, damage processes of the specimens were evaluated and effects of presence and amount of fibers on mechanical and acoustic behaviors of concrete were explained.

### MATERIALS AND METHODS

#### Materials

Three 100 x 100 x 600 mm concrete beam specimens were produced in the laboratory conditions according to TS EN 12390-5 standard within the scope of the experimental study. While one of the beams (Control) was produced from plain concrete, which its mix design is given in Table 1; micro synthetic fibers were added into the others' mixtures with volume fractions of 0.5% (F05) and 1.0% (F10). After the specimens were demolded the day after, they were cured in the standard condition for 28 days. Preparation of the specimens are presented in Figure 1. To reinforce concrete, KraTos Micro Synthetic Fiber Reinforcement by KORDSA was used. These 12 mm-length fibers were produced from the raw material Polyamide 6.6 according to the EN 14889-2 Class I standard.

**Table 1.** Mix Design of Concrete used for Production of the Test Specimens (1m<sup>3</sup>)

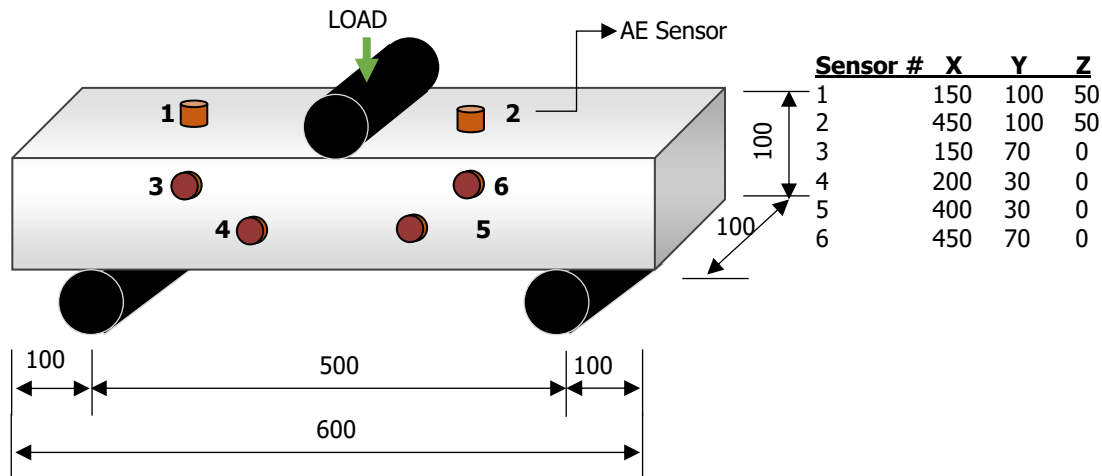
Material	Cement	Aggregate (mm)			Water	Plasticizer
		15-25	5-15	0-3		
Amount (kg)	295	591	394	960	177	3.00



**Figure 1.** Production of the Test Specimens: a) Concrete mixture, b) rodding, c) molded concrete, d) micro synthetic fibers added into the concrete mixture

### Test Set-up

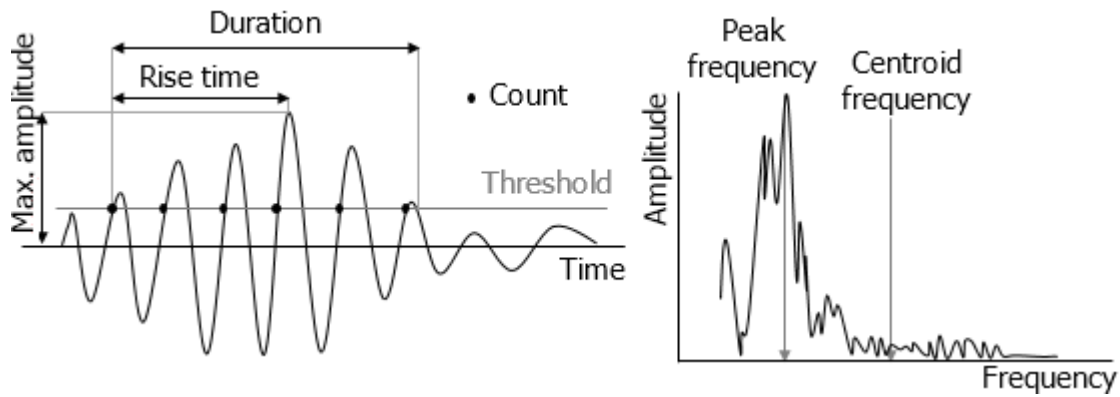
Three-point-bending tests were conducted on each specimen at the end of the 28<sup>th</sup> day in accordance with EN 12390-5 standard to determine their flexural performances (Figure 2). Load was applied with a speed of 0.2 mm/min at the center of the mid-span by Shimadzu AG-IS 100 kN Universal Testing Machine. During the tests, damage processes were concurrently monitored using an AE system by Mistras Holding with six piezoelectric sensors (with 150 kHz resonance frequency), six preamplifiers (with 40 dB gain), a recorder (with threshold of 40 dB) and a monitor. AE sensors were located as their coordinates are listed in Figure 2.



**Figure 2.** Three-Point-Bending Test and AE Set-ups (Unit: mm)

### AE Parameters

As presented in Figure 3, parameters of an AE waveform and frequency characteristics of its spectrum are threshold, count, amplitude, rise time, duration and peak and center frequencies. These and other AE features supply comprehensive information about magnitude, type, location, time of origin and orientation of a damage. Amplitude and energy are related with magnitude of the damage, while average frequency (count/duration) is related with its type. On the other hand, clustering was conducted in this study using some secondary parameters associated with peak and centroid frequencies obtained after Fast Fourier Transformation to classify damage types. Studies in the literature show that using weighted peak frequency (WPF) (Equation 1) for clustering AE activities is healthier. In Equation 1, the center frequency ( $f_{center}$ ) is the mass center of the frequency spectrum and the peak frequency ( $f_{peak}$ ) is the highest frequency value achieved. The parameter that WPF is evaluated together in clustering is partial power (PP). PP is defined as the percentage contribution of the signal to specific frequency ranges in the frequency spectrum (Equation 2).



**Figure 3.** Parameters of AE Signals

$$\text{Weighted peak frequency (WPF)} = \sqrt{f_{center} \cdot f_{peak}} \quad (1)$$

$$\text{Partial power (PP, \%)} = \frac{\int_{f_i}^{f_j} \sigma^2(f) df}{\int_0^{f_{max}} \sigma^2(f) df} \quad (2)$$

where  $\tilde{U}(f)$  is the FFT of the signal  $U(t)$ .

## RESULTS and DISCUSSION

Mechanical test results are summarized in Table 2. As seen from Table 2, while maximum load of the Control specimen was 7291 N, F05 and F10 resisted up to 6853 N and 6103 N, respectively. On the other hand, while ultimate displacement of Control was 1.372 mm, those of F05 and F10 were 2.53 mm and 11.59 mm, respectively. As seen, although minimum ultimate load capacity was obtained from F10, its ultimate displacement was the maximum. In addition, the highest rigidity was obtained from F05. In short, although adding synthetic fibers into concrete mixture negatively affected the ultimate load capacity, ductility ratio and rigidity increased excessively. Load vs. displacement curves of the test specimens are presented in Figure 4.

**Table 2.** Summary of Mechanical Results

Test Specimen	$P_{max}$ (N)	Displacement at $P_{max}$ (mm)	$\Delta_{max}$ (mm)	Ductility ratio	Secant rigidity (N/mm)
Control	7291	1.28	1.37	1.07	5696
F05	6853	0.89	2.53	7.34	7700
F10	6103	0.86	11.59	13.48	7097

AE behaviors of the specimens were evaluated by examining hit, energy and frequency parameters. Figure 5 shows displacement-based AE hit amounts and their cumulative energies. As seen, since Control failed suddenly, AE activities of its damage were also released in a short time. Thus, the least AE release and the lowest ductility were seen in the Control specimen. On the other hand, in fiber reinforced specimens, damage processes occurred more gradually over time. In addition, with the increase of fiber amount; ductility increased and because these fibers were less rigid, the amount of AE activities increased due to the damage of more fibers and bridging effect.



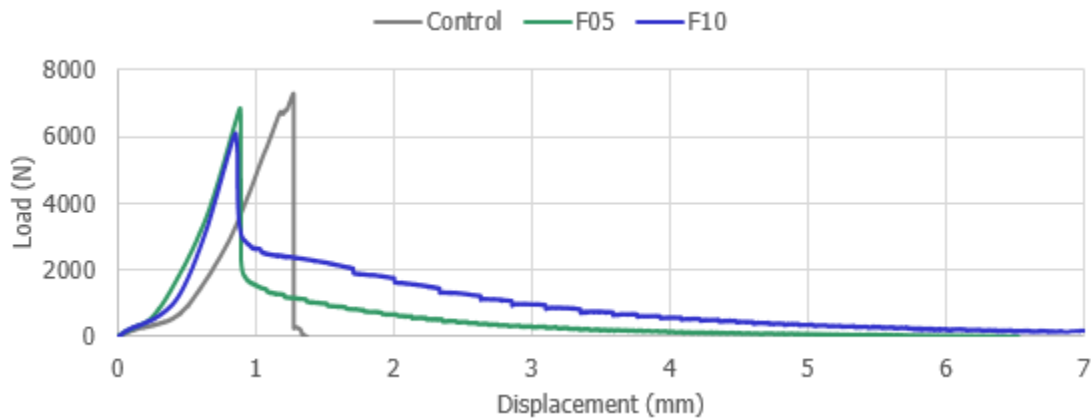


Figure 4. Load vs. Displacement Curves of the Specimens

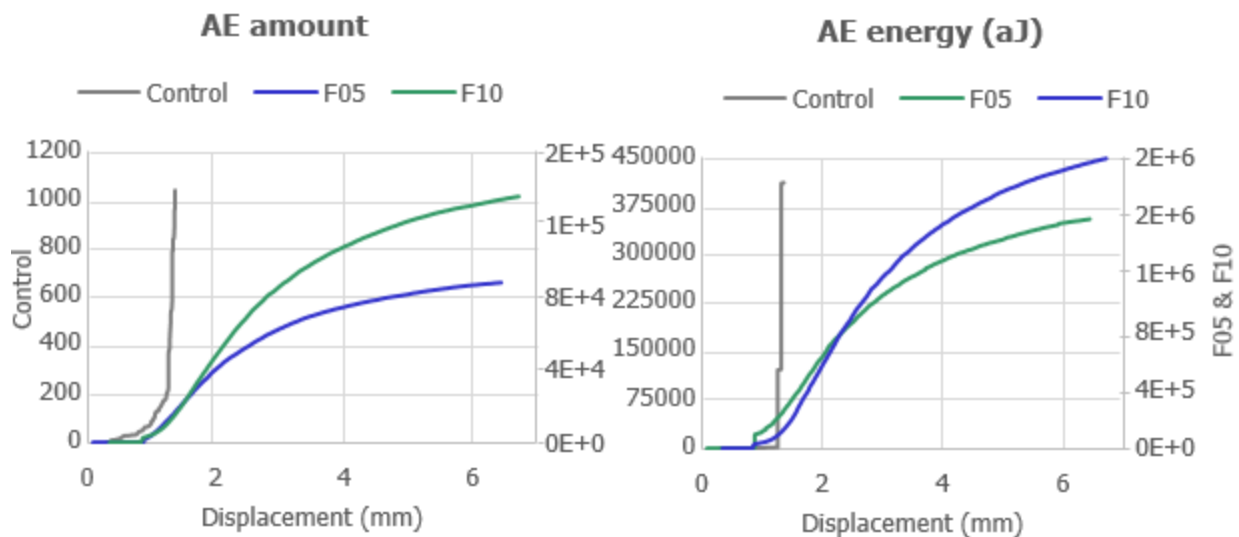
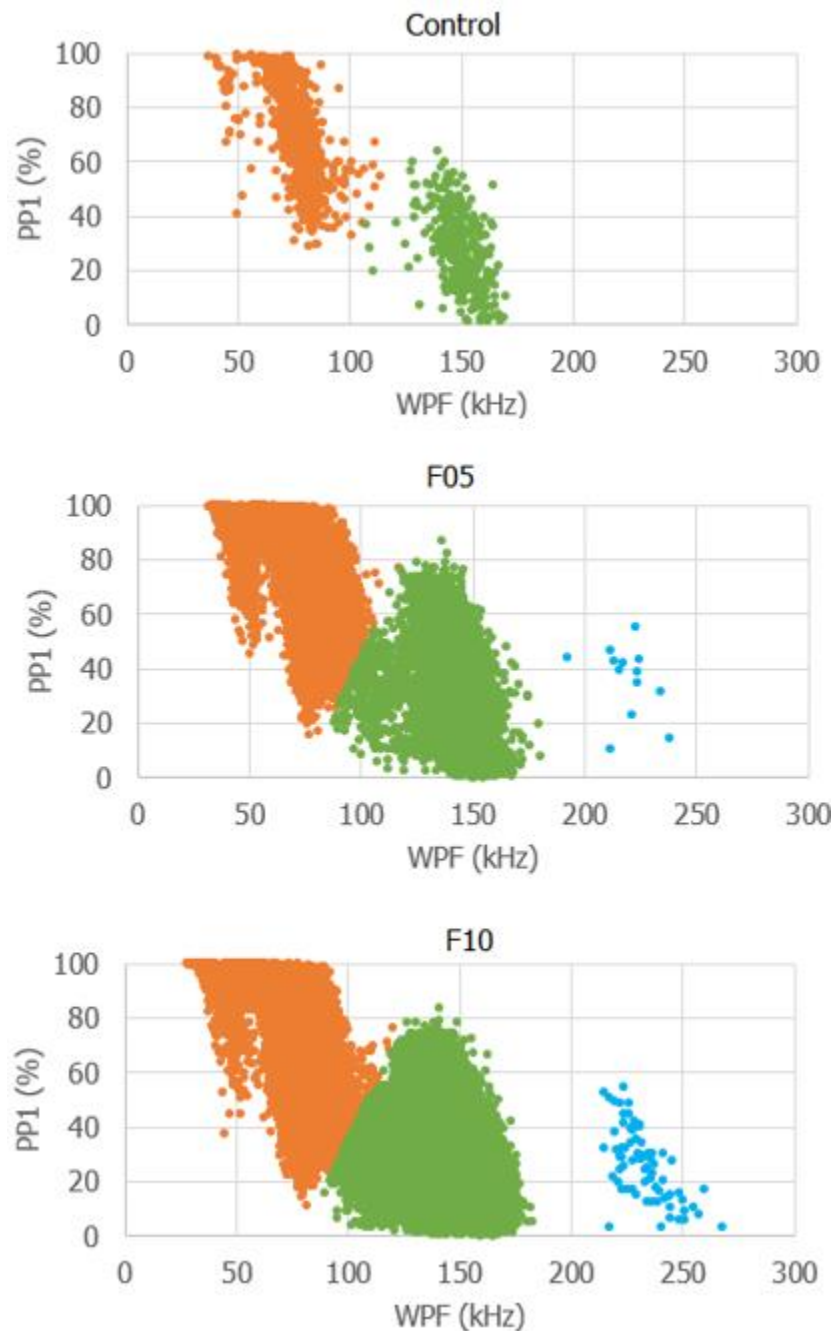


Figure 5. AE Amount and Energy Behaviors of the Specimens

To classify damages, WPF vs. PP distributions of the specimens' AE activities were scattered as given in Figure 6. It is seen that common AE frequency range of all specimens are 50-100 kHz. However, higher frequency ranges and a new cluster was observed in fiber reinforced specimens. In the other words, orange- and green-colored clusters can be referred to crack activities in the cement paste and the aggregates. On the other hand, a high-frequency range blue-colored cluster observed in fiber reinforced specimens can be attributed to bridging activities of fibers. Particularly in F10, much more fiber activities were observed due to the larger amount of fibers.

## CONCLUSION

In this study, damage processes of micro synthetic fiber reinforced concrete were investigated by acoustic emission (AE). For this purpose, a reference conventional and fiber reinforced concrete beam specimens were produced and were loaded to simulate bending behavior in the laboratory conditions. Accordingly, AE characteristics of the specimens were analyzed and were compared with mechanical results. As a result, adding micro synthetic fiber increased ultimate displacement, secant rigidity, ductility and energy absorption capacity of the concrete under flexure. On the other hand, it has been seen that primer and seconder AE characteristics are useful to identify damage processes: Displacement-based AE alterations show that higher amount of fibers and their bridging activities cause to progressive damage formations in concrete. AE energy results showed that in addition to the concrete damage, the damage energy also increased as the fibers damaged. Besides, with the clustering results, it was seen that the types of damages could be predicted using seconder AE parameters WPF and PP. Thus, high-frequency activities seen in fiber reinforced concrete specimens were associated with fiber bridging activities.



**Figure 6.** Clustering of AE activities based on WPF vs. PP1 (●Cluster1, ●Cluster2, ●Cluster3)

#### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank The Scientific and Technical Research Council of Turkey (TUBITAK) for the financial support provided under Project: 118M172 and to and KORDSA for the fiber supply.

#### REFERENCES

AbdelAleem BH, Hassan AAA 2019. Influence of synthetic fibers' type, length, and volume on enhancing the structural performance of rubberized concrete. *Construction and Building Materials*, 229, 116861.

- ASTM E 1316 2002. Standard Terminology for Nondestructive Examinations. ASTM International.
- Peng S, Sbartai ZM, Parent T 2020. Mechanical damage evaluation of masonry under tensile loading by acoustic emission technique. *Construction and Building Materials*, 258, 120336.
- Quy TB, Kim JM 2021. Crack detection and localization in a fluid pipeline based on acoustic emission signals. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 150, 107254.
- Song PS, Hwang S 2004. Mechanical properties of high-strength steel fiber-reinforced concrete. *Construction and Building Materials*, 18, 669–673.
- TS EN 12390-5, Testing Hardened Concrete – Part 5: Flexural Strength of Test Specimens. Turkish Standards Institute, Turkey, 2010.

## Thermodynamic performance analysis of geothermal and solar energy assisted power generation and residential heating system

Ozan Sen (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9913-664X>), Ceyhun Yilmaz\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8827-692X>)

Afyon Kocatepe University, Technology Faculty, Department of Mechanical Engineering,  
03200 Afyonkarahisar, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [ceyhunyilmaz@aku.edu.tr](mailto:ceyhunyilmaz@aku.edu.tr)

### Abstract

In this study, geothermal and solar-assisted cogeneration energy systems modeled to supply the residences' electricity and heating requirements will be investigated. Electricity will be generated in Organic Rankine Cycle (ORC) with the thermal energy obtained from geothermal and solar resources. The generated electricity will be supplied to the grid according to the energy requirements. When there is a low energy requirement in the grid, excess electricity will be sent to the electrolysis unit, and hydrogen will be produced and stored. When excess electricity is required in the grid, the stored hydrogen will be converted into electricity in a fuel cell and supplied to the grid. Also, the waste heat released from the Organic Rankine Cycle will be used in residential heating. Thermodynamic analysis and performance evaluation of the system will be performed using the Engineering Equation Solver (EES) program by using geothermal and solar energy values of Afyonkarahisar. In Afyonkarahisar province, the geothermal water temperature and flow rates range between 70 - 110°C and 100 - 150 kg/s, respectively. The annual average solar energy radiation of Afyonkarahisar province varies between 1550 and 1650 kWh/m<sup>2</sup>. The system's parametric study will be performed by taking into account the different geothermal resource temperatures and solar radiation values. According to these results, the system performance will be investigated. In this study, optimum working conditions will be investigated to produce and use the energy form (electricity-heat) requirements. The potential of the geothermal and solar energy capacity of Afyonkarahisar is higher than the average capacity of Turkey. This study will be useful for efficient use of the energy potential.

**Keywords:** Geothermal energy, solar energy, thermodynamic analysis, cogeneration.

### INTRODUCTION

At present, fossil fuels are still the most important source of energy in the world. Fossil fuels are hydrocarbons or their derivatives, including natural resources such as coal, oil, and natural gas. Fossil fuels take millions of years to form, and the known viable reserves are being depleted much faster than new fossil fuels are being made. At the same time, fossil fuels emit greenhouse gases, which will accelerate climate change, such as global warming, thereby jeopardizing the environment on which people depend. Therefore, in recent years, renewable energy has attracted much attention in the whole world. Renewable energy refers to the energy that can be recycled in nature, such as solar energy, wind power, tidal energy, and geothermal energy. Compared to fossil fuels, renewable energy has at least two advantages. First, renewable energy resources are abundant and renewable in the world, and they are inexhaustible. Second, renewable energy is clean, green, and low carbon and thus is beneficial for protecting the environment. Concretely, renewable energy can effectively reduce the emission of sulfide (SO<sub>2</sub>), carbide (CO), and dust, thereby reducing the risk of atmospheric pollution and the greenhouse effect. Also, the use of renewable energy can reduce the exploitation of natural fossil fuels and protect the ecological environment. Moreover, renewable energy can reduce the discharge of solid waste to reduce soil pollution. Renewable energy can also reduce the emission of waste gas and waste liquid during use, thus protecting water resources. Therefore, renewable energy has developed rapidly in recent years (Wang et al., 2018).

Renewable energies are currently the fastest-growing energy source in the world. Depletion and emission concerns over fossil fuel use and increasing government incentives can cause even higher growth in the use of renewable sources in the coming decades. An energy source is called renewable if it can be renewed and sustained without any depletion and any significant effect on the environment. It is also called alternative, sustainable, or a green energy source. Fossil fuels such as coal, oil, and natural gas, on the other hand, are not renewable, and they are

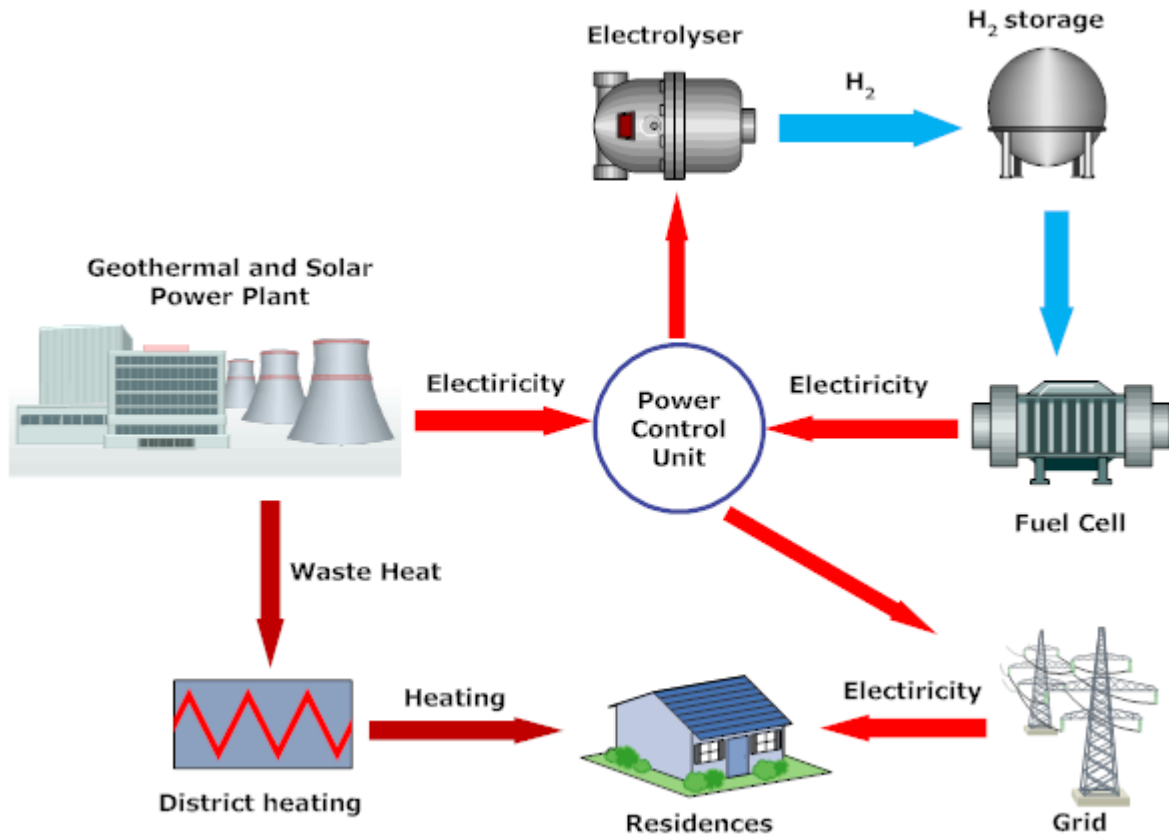
depleted by use. They also emit harmful pollutants and greenhouse gases. Primary renewable energy sources include solar, wind, hydro, biomass, and geothermal. Energies from the ocean, including wave and tidal energies, are also renewable sources, but they are currently not economical, and the technologies are still in the experimental and developmental stages (Shahin et al., 2016). The best-known renewable source is solar energy. Although solar energy is sufficient to meet the world's entire energy needs, it is currently not used as extensively as fossil fuels because of the low concentration of solar energy on earth and the relatively high capital cost of harnessing it. Another most popular renewable energy source is geothermal energy. Geothermal energy refers to the heat of the earth. High temperature underground geothermal fluid found in some locations is extracted, and the energy of the geothermal fluid is converted to electricity or heat. Geothermal energy conversion is one of the most mature renewable energy technologies. Geothermal energy is mostly used for electricity generation and district heating (Li and Yang, 2014).

The unused heat from the power plants can be recovered using various techniques, either for domestic heating or further power generation, depending on the temperature and energy amount. A system that simultaneously produces mechanical or electrical power and usable heat is referred to as a cogeneration system. In these systems, the power generation cycle's unused heat is utilized for domestic heating applications such as space heating, industrial heating, water heating or de-icing applications, or water desalination, etc. Waste heat from power plants can also be harvested using thermoelectric generators that can generate electricity even from the low-temperature sources, though with very low efficiencies (DeLovato et al., 2019). Future's energy carrier hydrogen can be produced in many different ways. Water electrolysis currently provides an attractive solution to the problem of hydrogen production. One of the critical benefits that water electrolysis has over other technologies for the production of hydrogen is that it is compatible with recent technologies and future technologies such as solar, wind, wave, and geothermal. Another advantage of using water electrolysis is that it can provide onsite hydrogen. Requiring electrical energy for water electrolysis to produce hydrogen in an environmentally friendly manner, we need to use carbon free renewable energy sources. Solar and geothermal energy represents a great potential to be the power source of multi-generation systems, including electrolysis. In the electrolysis process, the electrolyzer is utilized to break the water molecule bond. As the water molecule breaks, it splits into hydrogen and oxygen. The hydrogen molecules are then taken out of the electrolyzer and are stored in a tank (Bicer and Dincer, 2016).

In this study, a geothermal and solar-assisted cogeneration energy system modeled to supply the residences' electricity and heating requirements are investigated. Thermodynamic analysis of the system is performed using the Engineering Equation Solver (EES) program using geothermal and solar energy values of Afyonkarahisar. The system's parametric study is performed by considering the different geothermal resource temperatures and solar radiation values. The optimum working conditions is investigated to produce and use the energy form (electricity-heat) requirements.

## **MATERIALS AND METHODS**

A geothermal and solar assisted cogeneration energy system is modeled to supply residences' electricity and heating requirements. Electricity is generated in Organic Rankine Cycle (ORC) with the thermal energy obtained from geothermal and solar resources. The generated electricity is supplied to the grid according to the energy requirements. When there is a low energy requirement in the grid, excess electricity is sent to the electrolysis unit, and hydrogen is produced and stored. When excess electricity is required in the grid, the stored hydrogen is converted into electricity in a fuel cell and supplied to the grid. The waste heat released from the Organic Rankine Cycle (ORC) is used in residential heating. The overview of the geothermal and solar-assisted power generation and heating system is given in Fig. 1. The geothermal and solar-assisted power generation and heating system outputs are electricity, hydrogen, and heating.



**Figure 1.** Geothermal and solar assisted cogeneration energy system

By the region's geothermal temperature, an organic Rankine cycle was selected for the power plant because the geothermal field of the region has low-temperature scale fields. The geothermal fluid temperature is 130 °C, and its mass flow is 85 kg/s. In the organic Rankine cycle, R134a, with a higher unit energy amount on a temperature basis, was selected as the secondary fluid. The isentropic efficiencies of the turbine and pump are assumed to be 85 percent. For solar energy, which is the other primary source of the system, a parabolic trough collector was selected due to its advantages such as high operating temperature and power output, storage capacity, compatibility with hybrid systems. Therminol VP-1 is used as heat transfer fluid in parabolic trough collectors. The average monthly average solar irradiation of the region varies from 500-600 W/m<sup>2</sup>. The temperature of the heat transfer fluid entering the receiver is taken as 60 °C, and its mass flow rate is 0.2 kg/s.

The power output from the geothermal and solar power plant is determined from:

$$\dot{W}_{net} = \dot{W}_{turb} - \dot{W}_{pump} - \dot{W}_{parasitic} \quad (1)$$

The thermal efficiency of the power plant may be defined as the ratio of the power output to the heat input to the power plant:

$$\eta_{plant} = \frac{\dot{W}_{net}}{\dot{Q}_{in}} \quad (2)$$

We are primarily interested in water electrolysis since it allows the use of electricity generated from renewable (solar/geothermal power system) energies. The water electrolysis reaction is (Yilmaz, 2017):

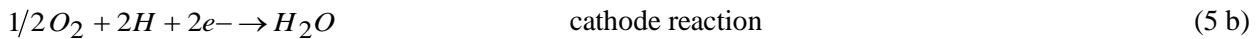
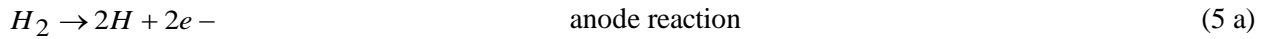


This reaction produces 1 kmol hydrogen (about 2 kg) and 0.5 kmol of oxygen (about 16 kg) when 1 kmol (about 18 kg) of water is used. The Gibbs function of water gives the minimum work required for this endothermic reaction at 25°C, equal to 237,180 kJ per kmol of liquid water entering the reaction (EES). This is equivalent to 117,650 kJ (or 32.68 kWh) per kg of hydrogen produced by the reaction. An actual electrolyzer involves irreversibilities, and the actual electricity consumption will be greater than this minimum value. The efficiency of a typical electrolyzer is about 75 percent (Yilmaz et al., 2019). Therefore, 43.5 kWh electricity input is required per kg of hydrogen produced in an actual electrolysis process. The plant hydrogen production rate can be written as:

$$\dot{m}_{H_2} = \frac{\dot{W}_{net}}{w_{electro}} MW_{H_2} \quad (4)$$

where,  $w_{electro}$  (kJ/kmol) represents the actual amount of work required to produce the unit mass of hydrogen and  $MW_{H_2}$  is the molecular weight of a unit molecule of hydrogen in kg/kmol.

Fuel cells are one of the most viable and promising hydrogen technologies. In a fuel cell, hydrogen combines with oxygen without combustion in an electrochemical reaction (reverse electrolysis) and produces direct current (DC) electricity. Proton exchange membrane fuel cells (PEM) are the most widely used fuel cells in the industrial power generation application. The operating temperature is typically between 60 and 80 °C. A typical fuel cell consists of the electrolyte, in contact with anode reaction and cathode reaction, on both sides. The overall electrochemical reaction of PEM fuel cell is generally represented by the following chemical reaction (Yilmaz and Kanoglu, 2014):



The reversible potential of the above electrochemical reaction is 1.229 V at standard conditions (25°C 100 kPa), and it corresponds to the Gibbs free energy according to the following equations. Consider a reversible reaction occurring at a constant temperature equal to that of its environment. The work output of the fuel cell is (Yilmaz and Kanoglu, 2014):

$$w_{elec} = -(\sum n_e g_e - \sum n_i g_i) = -\Delta G \quad (6)$$

$$\dot{W}_{elec} = \dot{m}_{H_2} \frac{w_{elec}}{MW_{H_2}} \quad (7)$$

where  $\Delta G$  is the change in Gibbs function for the overall chemical reaction.

Energy efficiency for the overall system can be calculated by proportioning of the net electricity from the fuel cell and the heat capacity of heat exchanger to the total heat energy entering the overall system:

$$\eta_{overall} = \frac{\dot{W}_{net,FC} + \dot{Q}_{hex}}{\dot{Q}_{sol,in} + \dot{Q}_{geo,in}} \quad (8)$$

For the overall system, the expression of exergy efficiency can be written as follows:

$$\varepsilon_{overall} = \frac{\dot{W}_{net,FC} + \dot{Q}_{HE}(1 - (T_0 - T_E))}{\dot{E}x_{geo,in} + \dot{E}x_{solar,in}} \quad (9)$$

## RESULTS AND DISCUSSION

Energy and exergy characteristics for each state of the system in Fig. 1 are calculated in this section. The thermodynamic properties of the liquid and gaseous phases of the geothermal water and the selected working fluid of R134a in the Organic Rankine Cycle (ORC) are calculated using the computer software program EES (F-Chart Software, 2019). The thermodynamic analysis is critical because it forms the basis of the subsequent thermoeconomic analysis. For this reason, the thermodynamic analysis must be done correctly.

As a result of the thermodynamic analysis, 30,713 kW of heat energy and 5680 kW of exergy is input into the cogeneration system. The net power production from the geothermal and solar power plant is calculated as 2420 kW. The geothermal and solar power plant's energy and exergy efficiency is calculated as 11.2% and 42.6%, respectively. The heat capacity of the heat exchanger for district heating is calculated as 8933 kW. The mass flow of hydrogen produced due to the electrolysis process is calculated as 0.0154 kg/s. The produced hydrogen is used as the fuel input to produce electricity for the fuel cell system. Accordingly, the net electricity output from the fuel cell can be calculated as 1670 kW. The efficiency of the fuel cell of the electrolysis unit is assumed as 0.75 and 0.90, respectively. Finally, the cogeneration system's overall energy and exergy efficiencies based on electricity and heat capacity are calculated. The overall energy and exergy efficiencies of the cogeneration system are calculated as 34.5 and 46 percent.

Performance and parametric investigation of the cogeneration system are given below with some figures. The essential parameters for the system's performance evaluation are geothermal water temperature ( $^{\circ}\text{C}$ ) and solar radiation intensity ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

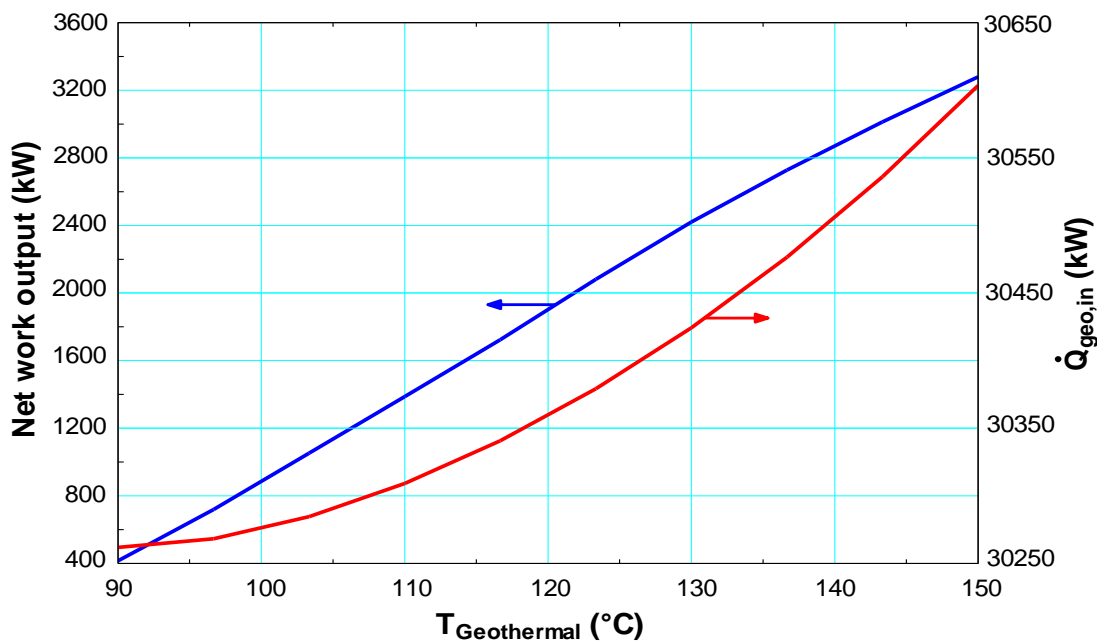


Figure 2. Variation of net work output and heat input with respect to the geothermal temperature.



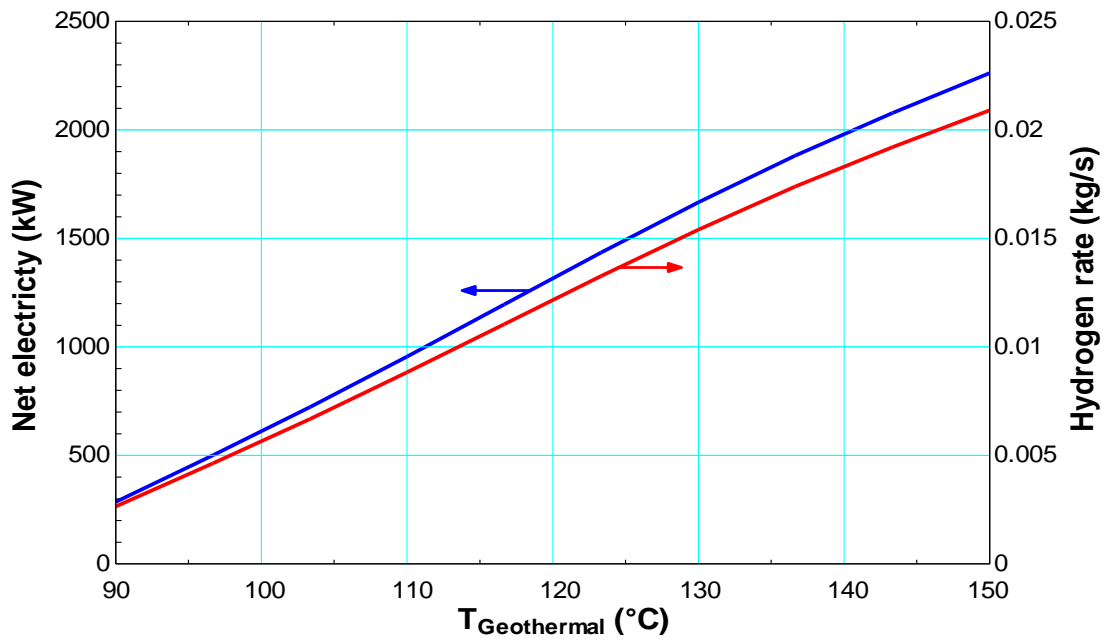


Figure 3. Variation of power and hydrogen production with respect to the geothermal temperature.

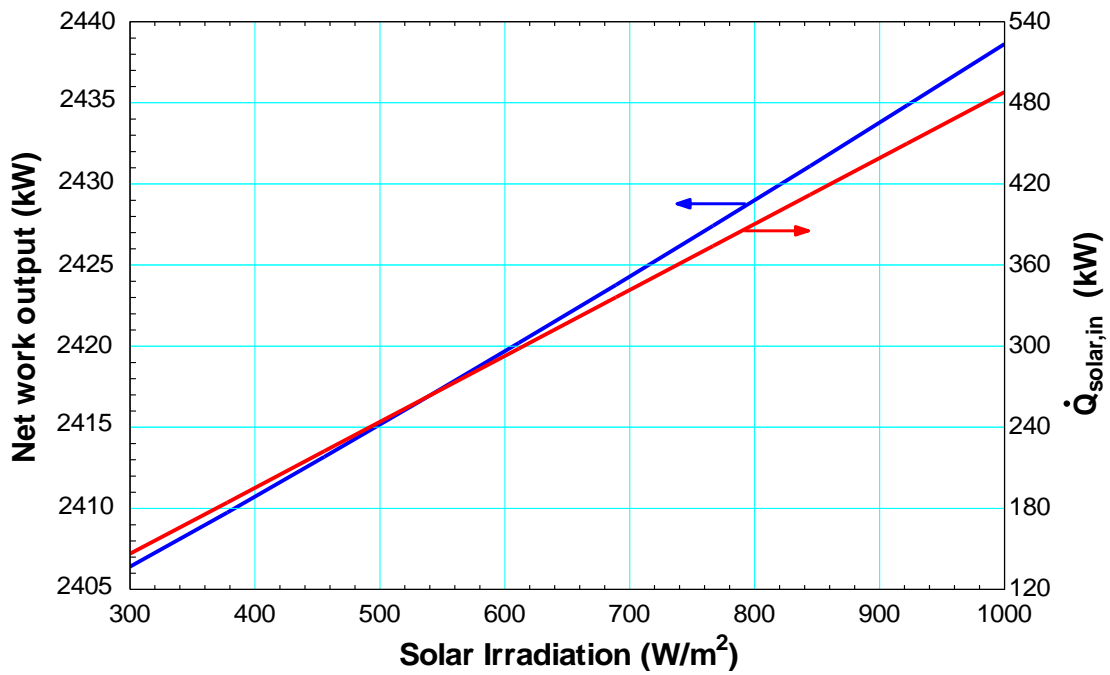
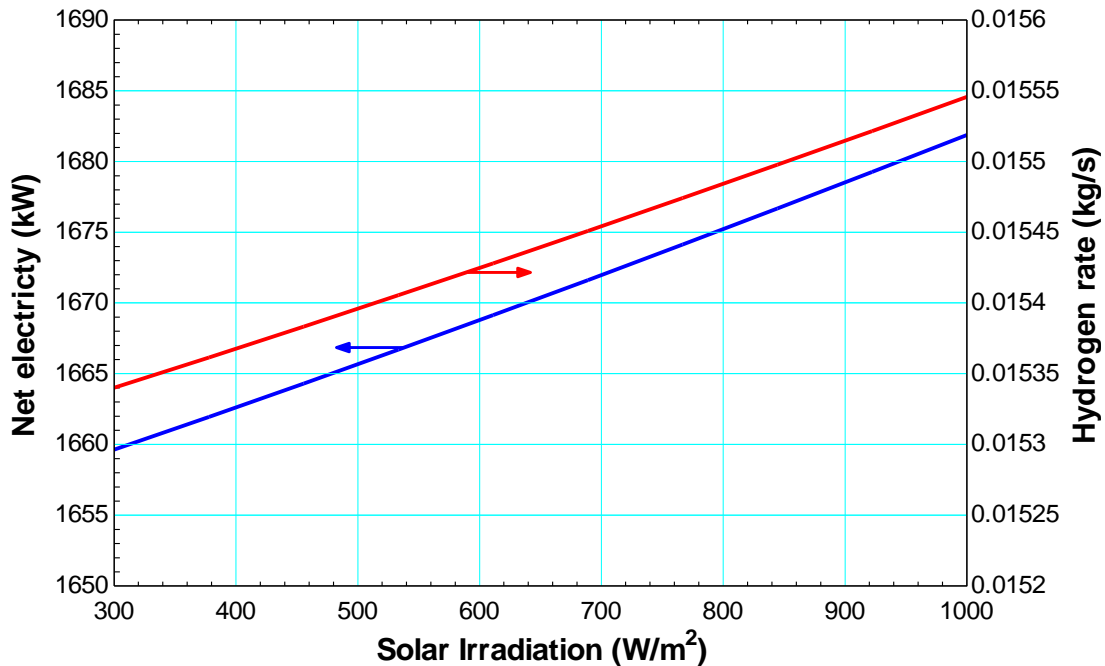


Figure 4. Variation of net work output and input heat with respect to the solar irradiation.



**Figure 5.** Variation of power and hydrogen production with respect to the solar irradiation.

## CONCLUSION

This study helps give a good insight into researchers and designers working in hybrid renewable energies and electricity/heating/ hydrogen production systems for better operation and assessment. In future work, a thermo-economic assessment of this system is aimed. A solar and geothermal energy-driven electricity/heating/ hydrogen cogeneration system is considered. Thermodynamic investigation of solar and geothermal energy-assisted systems for power generation has allowed several main conclusions. This paper has analyzed the full-time power load of the thermodynamic analysis of solar/geothermal sources and determined the performance of the electricity, heating, and hydrogen production system to be satisfactory. It has been shown that this solar and geothermal source can be utilized better for a case study of Turkey.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study is sponsored by The Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) under the project 218M739. This support is greatly appreciated.

## REFERENCES

- Bicer, Y., Dincer, I. 2016. Development of a new solar and geothermal based combined system for hydrogen production. *Solar Energy*, 127: 269-284.
- DeLovato, N., Sundarnath, K., Cvijovic, L., Kota, K., Kuravi, S. 2019. A review of heat recovery applications for solar and geothermal power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114: 109329.
- Li, Y., Yang, Y. 2014. Thermodynamic analysis of a novel integrated solar combined cycle. *Applied Energy*, 122: 133-142.
- Shahin, M. S., Orhan, M. F., Uygul, F. 2016. Thermodynamic analysis of parabolic trough and heliostat field solar collectors integrated with a Rankine cycle for cogeneration of electricity and heat. *Solar Energy*, 136: 183-196.
- Wang, H., Ruan, J., Wang, G., Zhou, B., Liu, Y., Fu, X., Peng, J. 2018. Deep learning-based interval state estimation of AC smart grids against sparse cyber attacks. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 14(11): 4766-4778.
- Yilmaz, C., Kanoglu, M. 2014. Thermodynamic evaluation of geothermal energy powered hydrogen production by PEM water electrolysis. *Energy*, 69: 592-602.
- Yilmaz, C. 2017. Thermo-economic modeling and optimization of a hydrogen production system using geothermal energy. *Geothermics*, 65: 32-43.
- Yilmaz, C., Koyuncu, I., Alcin, M., Tuna, M. 2019. Artificial Neural Networks based thermodynamic and economic analysis of a hydrogen production system assisted by geothermal energy on Field Programmable Gate Array. *International Journal of Hydrogen Energy*. 44(33): 17443-17459.

## Self-propagating room temperature synthesis of SDC20 oxide-ion conductor ceramics for solid oxide fuel cells

Vedat Sariboğa (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0470-9629>)

\*<sup>1</sup>Istanbul University-Cerrahpaşa Engineering Faculty, Chemical Engineering Department, İstanbul/TÜRKİYE

Corresponding author e-mail: vedat.sariboga@istanbul.edu.tr

### Abstract

In this work 20 mole% samaria-doped ceria (SDC20) powders was synthesized Self-Propagating Room Temperature (SPRT) synthesis technique. SPRT technique is based on room temperature mechano-chemical reaction between metal nitrates and sodium hydroxide, wherein the reaction is spontaneous and terminates extremely fast. Thanks to the applied mechanical energy, it is possible for the reaction to take place at room temperature and to observe the reaction with the naked eye. Accordingly, appropriate amount of chemicals were hand-mixed in agate mortar for 20 min until the mixture got light brown. After being exposed to air for 3 h, the mixture was suspended in water. Nano-structured SDC20 particles were taken by centrifugation. The synthesized powders were characterized by XRD, TGA, SEM. After characterization, all synthesized nano powders were pressed uniaxially and isostatically. Pelletized and sintered samples was characterized by SEM and electrochemical impedance spectroscopy (EIS) analysis.

**Keywords:** Solid oxide fuel cells, Electrolyte, Self-Propagating Room Temperature Synthesis, SDC20

### INTRODUCTION

Interest in fuel cells, one of the energy conversion systems of the 21st century, is increasing day by day. The critical component in solid oxide fuel cells, which is a prominent fuel cell type in terms of stationary power generation systems, is the electrolyte structure that provides oxide-ion conduction.

In solid oxide fuel cells where oxide ceramic structures are used as electrolytes, CeO<sub>2</sub>-based solid solutions gain importance. Among the promising candidates for the solid electrolytes of the intermediate-temperature SOFCs are Sm doped CeO<sub>2</sub> (Ce<sub>0.8</sub>Sm<sub>0.2</sub>O<sub>2-δ</sub> commonly called SDC20), have come into prominence which exhibit high ionic conductivity (Tuller and Novick, 1975).

SDC20 is a ceramic structured material and there are many methods for its synthesis indicated in the literature. A synthesis group, defined as combustion methods, is used to chelate metal cations by using a fuel containing polyfunctional organic structures. Adiabatic combustion temperatures above 2000 °C due to the heat released as a result of the sudden combustion can provide dopant dissolution in the main phase (Sariboğa, 2020). Another group of synthesis involves the synthesis of complex forms of metal cations such as hydroxide, oxalate, formate, followed by the synthesis of solid solutions by sequential decomposition of these complexes (Dönmez et al., 2015). In another synthesis group that we call as “templation”, metal cations in solution are locked into a structure without any chemical effect. After the template structure is used as a "sacrificial agent", it is burned and ceramic powder is obtained (Sariboğa et al., 2013).

Another method that has recently attracted our attention and used in our current study is the self-propagation room temperature (SPRT) synthesis method (Boskovic et al., 2005). In this method, it is based on the principle of grinding metal cation salts together with NaOH at room temperature in the same mortar. In the combustion synthesis, extremely fast reaction occurs with the energy provided from outside. In this method, the necessary energy is provided by mechanical effect thanks to manual grinding. The reaction initiated by mechanical action progresses slowly at room temperature and becomes visible to the naked eye.

In this study, the SDC20 ceramic structure prepared by SPRT method and investigated as SOFC electrolyte material. Microstructure, phase behavior and ionic conductivity of the samples were determined.

## MATERIALS AND METHODS

20% mole Sm doped-CeO<sub>2</sub> were prepared by Self-Propagating Room Temperature Synthesis. Stoichiometric amounts of Ce(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O (>99%, Aldrich), Sm(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O (>99.9%, Aldrich) and NaOH (Aldrich) were weighed and ground in an agate mortar for 20 minutes. At the end of the color change to brownish, it was left in the air atmosphere for 3 hours. Afterwards, the mixture was taken into distilled water. Sodium nitrate was allowed to enter the water phase. SDC20 ceramic powders were suspended in water and separated by centrifugation. The precipitate taken after centrifugation was washed with water and ethanol and left to dry at 70 °C overnight. SDC20 reaction performed by SPRT method is given below.



**Figure 1.** The visual summary of SPRT synthesis method. Co-grinding of species, suspending of ceramic powders in water, centrifugation and drying of the powders

The obtained ceramic powders were calcined at 800 °C for 6 hours and then pressed as 12 mm Ø pellets. After that, 2000 bar pressure was applied to the pelleted samples with a cold isostatic press. The samples were sintered at 1200 and 1400 °C for 6 hours. Then, Ag-paste (NexTech Materials) and Ag-wire were applied as electrodes to measure the ionic conductivity of the obtained samples as pellets.

Thermogravimetric Analysis (Seiko SII Exstar6000) was applied to examine the thermal behavior of synthesized SDC20 powders. The investigation was carried out from room temperature to 1000 °C in an air atmosphere with a heating rate of 10 °C / min.

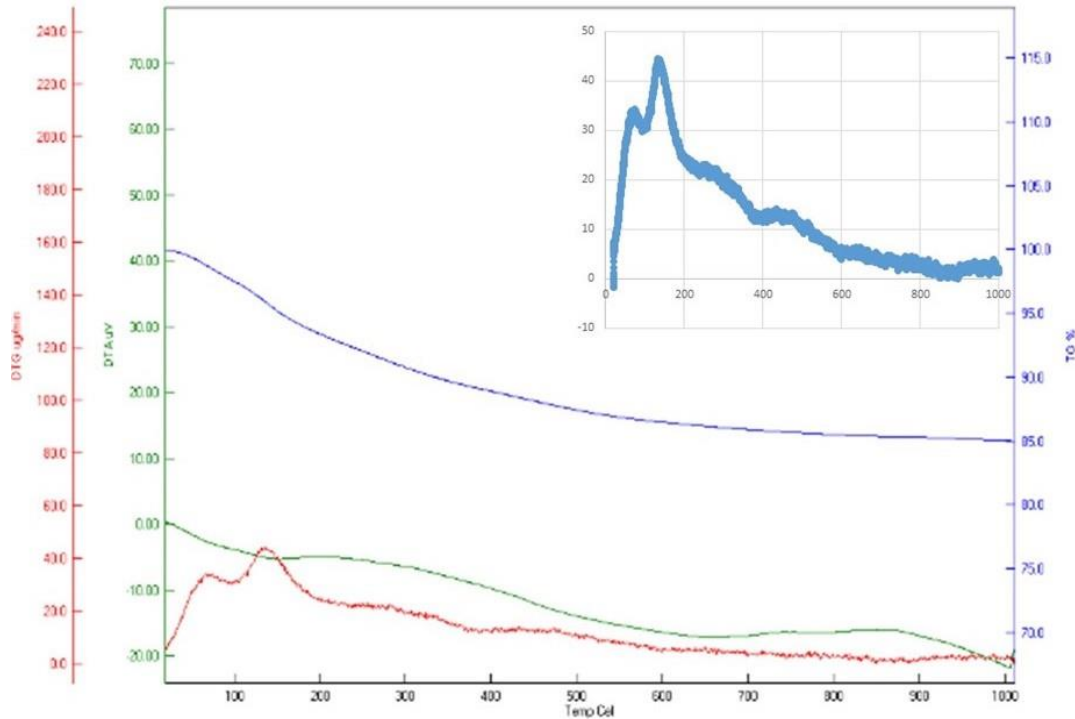
X-ray diffraction pattern (XRD) analysis was applied to determine the crystal properties of the samples. XRD examinations were performed with Rigaku D/max-2200 brand X-Ray Diffraction device. In the examinations, a scanning speed of 2 °/ min was carried out in the range of  $2\theta = 20\text{--}90^\circ$ . The average crystallite sizes and lattice parameters of the samples were calculated from X-ray Diffraction data (Sariboğa, 2020).

Scanning electron microscope (SEM, FEI Quanta FEG 450) was used for microstructure characterization of powder and sintered pellet samples. Samples were coated with Au / Pd coating prior to examination.

Oxygen ion conductivity measurements were performed using the GAMRY-Reference 3000 Potentiostat. Conductivity values were realized by signals of 10 mV perturbation in a static air environment at 800 °C.

## RESULTS and DISCUSSION

In Figure 2, the result of the thermogravimetric analysis performed before calcination is given. As can be seen, a weight loss of about 10% up to ~ 150-200 °C and 5% up to 250-300 °C has occurred. The initial weight loss can be attributed to moisture adsorbed in the structure. It is estimated that the weight loss at 250-300 °C indicates the cerium-samarium nitrate species remaining unreacted.

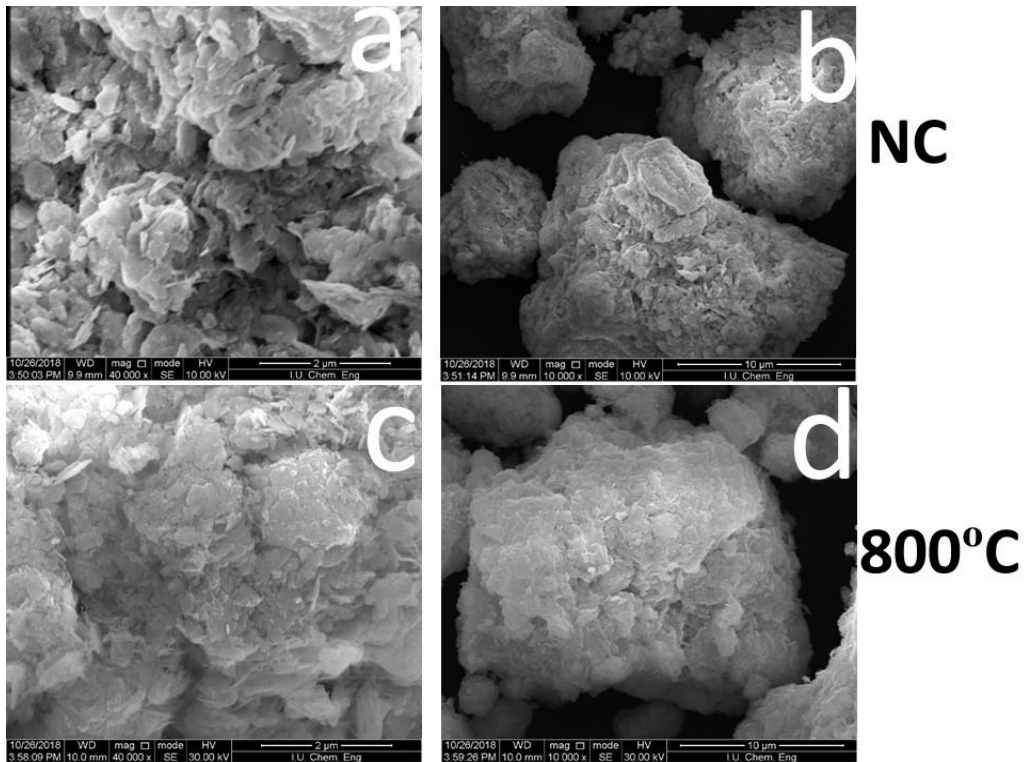


**Figure 2.** TG/DTA graph of the as-synthesized SDC-20 powder and detailed DTG curve

Although we think the reaction would end with exposure to air for 3 hours, possibly trapped and / or adsorbed salt particles remained in the pores of the SDC particles formed. Air contact to these particles could not be fully achieved, and degradation of the salts was observed in the thermal process. While the SPRT method is mentioned in the literature, it is referred to as a method that does not require calcination. However, our observation revealed that there is need for calcination.

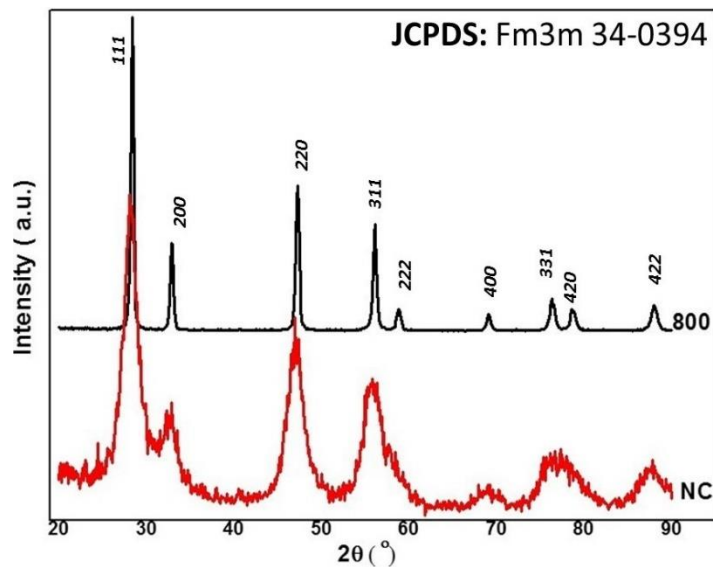
Figure 3 shows SEM images of powders that are not calcined and calcined at 800°C. In both cases, SDC crystals in foliar form were agglomerated. A more compact structure is observed in the image of the calcined sample. Particle size in the non-calcined powder is in the range of 10-20 microns, in the calcined sample this value is > 20 microns.

XRD patterns are given in Figure 4 to determine the crystallographic properties of ceramic powders that are not calcined and calcined at 800°C. When the X-ray diffraction patterns of the samples were examined, only the phase representing CeO<sub>2</sub> in cubic fluorite structure was detected in both the samples, which were not calcined and calcined at 800°C. No impurity was observed to indicate the secondary phase of Sm<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (JCPDS File Number: 25-0749). Therefore, it was determined that Sm type completely dissolved in the CeO<sub>2</sub> main phase and the formation of SDC20 solid solution successfully occurred.



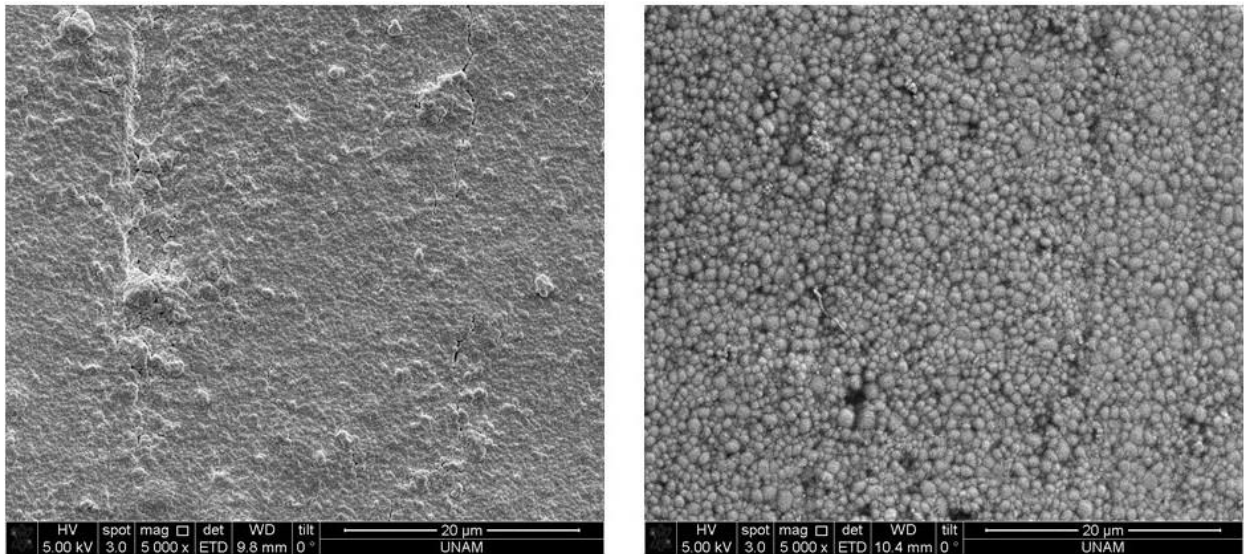
**Figure 3.** SEM images of the as-synthesized (a-b) SDC20 powder and calcined (c-d) powders at 800 °C

The Debye-Scherrer equation was used for crystallite size calculations of powder samples. For the crystallite size calculation, using the data in the  $2\theta \sim 28.5^\circ$  region which characterizes SDC20. 9.67 nm for the non-calcined sample and 25.11 nm for the calcined sample were calculated. The face centered cubic lattice parameter values for the samples were calculated as 5.463 and 5.425 Å. In both cases, since the values are greater than pure  $\text{CeO}_2$ , which is 5.409 (Dönmez et al. 2013), it is a sign that Sm dissolved in  $\text{CeO}_2$  lattice and solid solution formation.



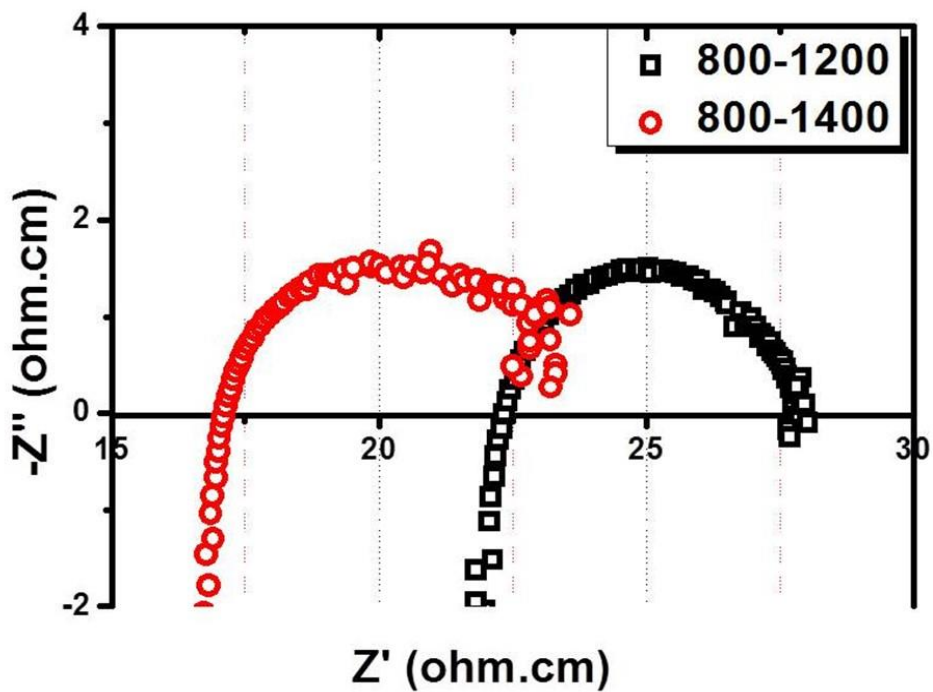
**Figure 4.** XRD patterns of the non-calcined SDC20 powder and calcined powders at 800 °C

In Figure 5, SEM images of the outer parts of the pellets calcined at 800 °C and sintered at 1200 and 1400 °C are given. In both cases, it has been observed that the structures consist of grains and that they are in a very tight order. No open porosity was observed. It was determined that grain sizes were around 500 nm by sintering at 1200 °C, while the average diameter of the grains was around 800 nm at 1400 °C.



**Figure 5.** SEM images of the sintered pellets at different temperatures. Left:1200 °C, Right: 1400 °C

Electrochemical impedance spectroscopy results of two samples sintered at 1200 and 1400 °C in static air at 800 °C are given in the Figure 6. The graph plotted with specific impedance values, including the pellet dimensions. The resistance value measured against oxygen ion conduction is at the first point where the X-axis is cut due to the nature of the measurement at 800 °C.



**Figure 6.** Electrochemical Impedance Spectra of SDC20 pellets sintered at 1200 and 1400 °C

Taking the opposite of the determined value, the conductivity value of  $4.45 \times 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$  was measured for 1200 °C, while this value was calculated  $5.85 \times 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$  in the sample sintered at 1400 °C. Increasing the grain size from 500 nm to 800 nm with the increase of sintering temperature leads to a decrease in the grain boundary length in terms of oxygen ion transmission, resulting in a decrease in the ion conduction resistance between the grains and an increase in oxygen-ion conductivity at 30% level by only increasing the sintering temperature from 1200 °C to 1400 °C.

The conductivity value of the both samples showed superior results compared to methods such as polyol ( $4.3 \times 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$ , Dönmez et al. 2015) and cellulose-templating ( $3.1 \times 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$ , Özdemir et al., 2012) as well as the example of FCM-SDC20-TC ( $4.1 \times 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$ ), which is a commercial sample. As a result, SDC20 was successfully prepared via the SPRT method, which is a very simple method, and a remarkable result was obtained in terms of oxygen ion conduction.

## CONCLUSION

The SDC20 structure has been successfully synthesized using the SPRT method. In the non-calcined sample, it was observed that not all salt was reacted and the time was insufficient for 100% conversion. Even in the non-calcined sample, the presence of cubic fluorite SDC phase determined and the crystallite size of ~ 10 nm was calculated by XRD data. With calcination at 800 °C, the crystallite size increased to ~ 25 nm. Two pellets were prepared from the powder calcined at 800 °C. 500 nm in the sample sintered at 1200 °C, and 800 nm grain size in the sample sintered at 1400 °C were determined by SEM analysis. In the impedance measurement performed at 800 °C with the sample sintered at 1200 °C,  $4.45 \times 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$ , in the sample sintered at 1400 °C,  $5.85 \times 10^{-2} \text{ Scm}^{-1}$  O<sup>2-</sup> ionic conductivity value was measured.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The work was financially supported by TUBITAK, Project number 216M509.

## REFERENCES

- Boskovic S, Djurovic D, Dohcevic-Mitrovic Z, Popovic Z, Zinkevich M, Aldinger F 2005. Self-propagating room temperature synthesis of nanopowders for solid oxide fuel cells (SOFC). *Journal of Power Sources*, 145(2):237-242.
- Dönmez G, Sariboğa V, Gürkaynak-Altınçekiç T, Öksüzömer MAF 2015. Polyol Synthesis and Investigation of  $\text{Ce}_{1-x}\text{RE}_x\text{O}_{2-x/2}$  (RE= Sm, Gd, Nd, La,  $0 \leq x \leq 0.25$ ) Electrolytes for IT-SOFCs. *Journal of the American Ceramic Society*, 98(2):501-509.
- Öksüzömer MF, Dönmez G, Sariboğa V, Altınçekiç TG 2013. Microstructure and ionic conductivity properties of gadolinia doped ceria ( $\text{Gd}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_{2-x/2}$ ) electrolytes for intermediate temperature SOFCs prepared by the polyol method. *Ceramics International*, 39(7):7305-7315.
- Özdemir H, Sariboğa V, Öksüzömer MF, Gürkaynak MA 2012. Preparation and characterization of Ca–Sm–Ce mixed oxides via cellulose templating method for solid oxide fuel cell applications. *Journal of Power Sources*, 219:155-162.
- Sariboğa V, 2020. Katı Oksit Yakıt Hücreleri için  $\text{Ce}_{0.8}\text{Sm}_{0.2}\text{O}_{1.9}$  Esaslı Elektrolit Malzemelerinin Hazırlanmasında Değişik Aminoasit Yakma Ajanlarının Karşılaştırılması. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 7(3):1293-1308.
- Sariboğa V, Özdemir H, Öksüzömer MF 2013. Cellulose templating method for the preparation of  $\text{La}_{0.8}\text{Sr}_{0.2}\text{Ga}_{0.3}\text{Mg}_{0.17}\text{O}_{2.815}$  (LSGM) solid oxide electrolyte. *Journal of the European Ceramic Society*, 33(8):1435-1446.
- Tuller HL, Nowick AS 1975. Doped ceria as a solid oxide electrolyte. *Journal of the Electrochemical Society*, 122(2):255-259.



## Değişken kesitli aksisimetrik parçaların çift taraflı hidroşekillendirilmesinin sonlu elemanlar analiziyle modellenmesi

Ekrem Öztürk<sup>1\*</sup>, H. Selçuk Halkacı<sup>2</sup>, Mevlüt Türköz<sup>2</sup>, Gürkan Ataş<sup>3</sup>, Murat Dilmeç<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir A. Cengiz Müh. Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>3</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

<sup>4</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar e-mail: eozturk@erbakan.edu.tr

### Özet

Çift taraflı hidroşekillendirme yöntemi, içerisinde bulunan destek basıncı sayesinde özellikle yüksek sıvı basıncı gerektiren karmaşık şekilli parçaların üretilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışmada, laboratuvar düzeyinde üretimi planlanan bir değişken kesitli aksisimetrik parçanın (çaydanlık) çift taraflı hidroşekillendirilmesinde destek basıncının uygulanabilmesi için Ls-Dyna sonlu elemanlar yazılımı kullanılmıştır.

Çift taraflı hidroşekillendirmede iç basınç hidromekanik derin çekmede olduğu gibi sabit bir alana uygulanmaktadır. Fakat çalışmada kullanılan parçanın kesiti değişken (konik) olduğundan, proses boyunca sacın ıstampa sıvanma durumu değiştiği için ıstampa ile sac arasına iç basıncın tersi yönünde uygulanan destek basıncı alanı da değişmektedir. Analiz süresince bu değişken alana destek basıncının uygulanabilmesi için Ls-Dyna yazılımında bulunan temas gizleme özelliğinden yararlanılmıştır. Temas gizleme kartında yer alan temas basıncı kriterlerinin sac üzerindeki düğümlerde oluşan bileşke kuvvetlere etkisi incelenmiştir. Karşılaştırma sonucunda temas gizleme özelliğinin çift taraflı hidroşekillendirme yönteminde başarılı bir şekilde uygulanabildiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çift taraflı hidroşekillendirme, değişken kesit, Ls-Dyna, sonlu elemanlar analizi.

### Modeling of double-sided hydroforming of variable cross-section axisymmetric parts by finite element analysis

#### Abstract

The double-sided hydroforming method allows the production of complex-shaped parts that require high fluid pressure, thanks to the support pressure inside. In this study, Ls-Dyna finite element software was used to apply the support pressure in double-sided hydroforming of a variable cross-section axisymmetric part (teapot) planned to be produced at the laboratory level.

In double-sided hydroforming, the internal pressure is applied to a fixed area as in the hydromechanical deep drawing. However, since the cross-section of the workpiece used in the study is variable (conical), the area of the support pressure applied between the punch and sheet in the opposite direction of the internal pressure also changes, as the punch wraps the sheet during the process. During the analysis, the contact mask feature in the Ls-Dyna software was used to apply the support pressure to this variable area. The effect of the contact pressure criteria on the contact mask card on the resultant forces at the nodes on the sheet was investigated. As a result of the comparison, it was determined that the contact mask feature can be applied successfully in the double-sided hydroforming method.

**Keywords:** Double-sided hydroforming, finite element analysis, Ls-Dyna, variable cross-section.

### GİRİŞ

Sac metal şekillendirme yöntemi, imalat usulleri içinde oldukça geniş bir kullanıma sahiptir. Bu yöntemlerden olan klasik derin çekmeye benzeyen ancak sacın bir yüzüne basınçlı akışkan verilmesiyle yapılan hidroşekillendirme işlemi hidromekanik derin çekmedir. Yeni bir imalat yöntemi olarak sayılabilecek olan hidromekanik derin çekmeden farklı olarak, malzemenin her iki yüzeyine de sıvı basıncın uygulandığı çift taraflı

hidroşekillendirme (ÇTHŞ) yöntemi sacın şekillendirilme yöntemlerinde kullanılmaktadır. Bu yöntemde, ıstampa yüzeyine uygulanan iç sıvı basıncının tersi yönünde bir destek basıncı uygulanmakta, bu destek basıncı şekillendirme sırasında iç sıvı basıncı tarafından oluşturulan şekillendirmeleri kontrol ederek sacdaki erken hasarları engellemekte ve kalınlık dağılımını da olumlu yönde etkilemektedir. Bu sayede, kalınlık doğrultusundaki maksimum incelme artsa da aynı sac parçada daha yüksek sınır çekme oranları elde edilebilmektedir (Wang ve ark., 2008). ÇTHŞ'nin önemli bir avantajı hidrostatik basıncın gerilme değerlerini olumlu yönde etkilemesidir. Çift taraflı basınç (iç basınç ve destek basıncı) hidrostatik gerilmeleri değiştirerek şekillendirme sırasında hasarın oluştuğu gerilmeleri artırmaktadır (Zhang ve ark., 2015). Kao ve ark. (1990) hidrostatik basıncın, malzemenin şekillendirilebilirliğini arttırdığını deneysel olarak göstermişlerdir. Wu ve ark. (2009) hidrostatik basıncın malzemenin şekillendirme limitlerini ve akma özelliklerini etkilemeden yükselttiğini gözlemlemişlerdir. Khandeparkar ve Liewald (2007) çift taraflı sac hidroşekillendirme yöntemini kullanarak silindirik ıstampa ile DC04 düşük karbonlu malzemenin şekillendirilebilirlik oranını arttırmışlardır. Liu ve ark. (2017) çift taraflı basıncın etkisini göstermek için alüminyum alaşımlı sac ve küresel ıstampa kullanarak deney tasarımı yapmışlardır ve destek basıncının sac üzerinde oluşan normal asal gerilmeleri azaltarak incelmeyi azalttığını saptamışlardır.

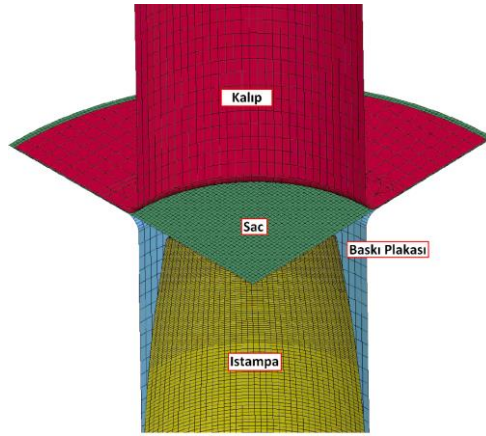
Özellikle çoğu önemli sektörün belirli kısımlarında sac şekillendirme işlemi kullanıldığından dolayı, herhangi bir ürün imal edilmeden önce bilgisayar üzerinden sonlu elemanlar analizleri (SEA) yapılarak iş yükü ve malzeme israfı azaltılmaktadır. ÇTHŞ yönteminde farklı geometrilerde (silindirik, konik, yarı küresel, parabol, beyzi, ojjv vb.) parçalar üretmek mümkündür. Silindirik parçaların aksine özellikle ekseni doğrultusundaki kesitleri çok farklı olan iş parçalarının ıstampaya sıvanmasıyla destek basıncının temas bölgesinin alanı değişmektedir. Destek basıncının temas bölgesinin sınırları prosesin her kademesinde değişkenlik gösterdiğinden dolayı SEA'da doğru tanımlanması önem arz etmektedir.

Bu çalışmada endüstride klasik derin çekme yöntemi ile birçok kademede üretimi gerçekleştirilen bir çaydanlığın ölçekli halinin ÇTHŞ yöntemi ile Ls-Dyna yazılımında şekillendirilebilmesi ve destek basıncının proses boyunca uygulanabilmesi mevcut alternatifler araştırılmış ve iki yöntem geliştirilmiştir.

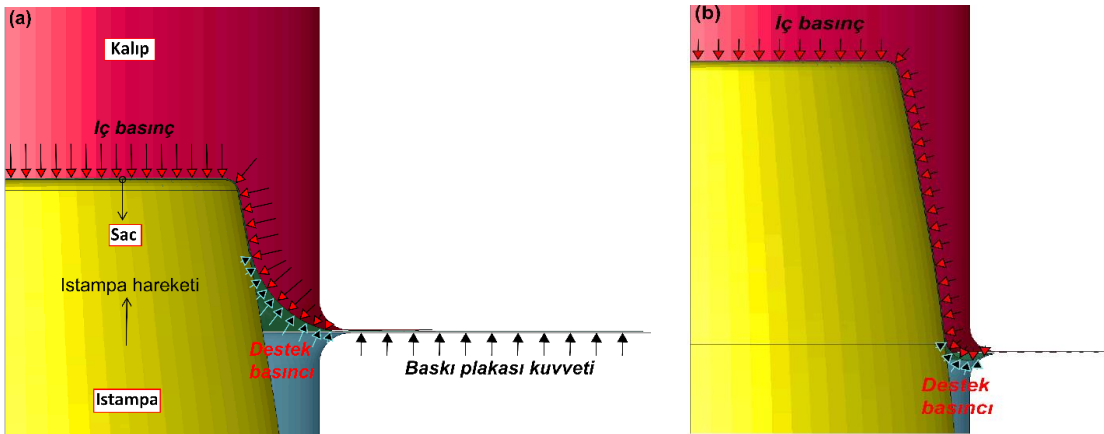
## MATERYAL VE METOD

ÇTHŞ analizleri için tüm parçalar (kalıp, sac, ıstampa ve baskı plakası) Solidworks programında yüzey olarak modellenmiş ve Hypermesh yazılımında ağ yapısı oluşturulmuştur. Model, ağ yapısıyla birlikte Şekil 1'de verilmiştir. Tüm parçalarda hexahedral ağ tipi kullanılmıştır.

Ls-Dyna yazılımında tek taraflı hidroşekillendirme (hidromekanik derin çekme) prosesinde sac metal yüzeyine ıstampa hareketinin tersi yönünde sıvı basıncının uygulanması için LOAD\_MASK kartı kullanılmaktadır (Öztürk ve ark., 2017). Bu kart sayesinde, yazılıma girilen zamana bağlı basınç eğrisi yardımıyla sac yüzeyindeki sabit bir alana istenilen basınç değerleri uygulanabilmektedir. Fakat ÇTHŞ prosesinde yer alan destek basıncının bu kart ile uygulanması mümkün değildir. Çünkü bu proseste destek basıncı sac yüzeyindeki sabit bir alana değil, ıstampa ile temasın olmadığı bölgelere uygulanmaktadır. Şekil 2'de ÇTHŞ analizinde ıstampa konumunun 9 ve 23 mm olduğu andaki iç ve destek basıncının sac yüzeyine uygulandığı bölgeler gösterilmiştir. Burada kırmızı oklar ile gösterilen iç basınç, kalıp boşluğundan kalıp radyüsü bitimine kadar uygulanırken, mavi oklar ile gösterilen destek basıncı ise ıstampa ve baskı plakası arasından ıstampa ve sac arasında kalan bölgeye uygulanmaktadır. Şekil 2a ve Şekil 2b incelendiğinde destek basıncı uygulama bölgelerinin ıstampa konumuna göre analizin her adımında değişeceği aşikardır. Şekil 2a'da destek basıncı, sac henüz ıstampa yüzeyine sıvanmadığı için geniş bir alana uygulanırken, Şekil 2b'de sac ıstampa yüzeyine sıvandığı ve dolayısıyla temassız alan azaldığı için basınç daha dar bir alana uygulanmaktadır. Sacın ıstampa yüzeyine sıvandığı andan itibaren etkili olan bu değişimi modelleyebilmek için Ls-Dyna yazılımının R8 ve üzerindeki sürümlerinde yer alan LOAD\_SEGMENT\_CONTACT\_MASK kartı kullanılmıştır. Bu kart R8, R9 ve R10 sürümlerinde sadece Ls-Dyna'nın güçlü paralel işlem (massively parallel processing, mpp) çözücüsü ve otomatik olmayan yüzeyden yüzeye (SURFACE\_TO\_SURFACE) temas tipleriyle çalıştırılmaktadır. R11 sürümünde ise paylaşımlı hafıza paralel işlem (shared-memory parallel processing, smp) çözücüsünde sadece MORTAR temas tipiyle çalıştırılabilmektedir (LSTC, 2018). Modelde FORMING\_SURFACE\_TO\_SURFACE temas tipi kullanıldığı için analizler MPP çözücüsünde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. ÇTHŞ analizinde kullanılan çaydanlık modeli



Şekil 2. ÇTHŞ analizinde iç basınç ve destek basıncı uygulama bölgeleri, istampa konumu a) 9 mm, b) 23 mm

LOAD\_SEGMENT\_CONTACT\_MASK kartı, yazılımda tanımlanan segment setlerinin bir başka parça ile temas etmesi halinde karta tanımlı algoritmalar aracılığıyla gizlenmesi (mask) prensibine dayanmaktadır. Şekil 3'te bu kartın tanımlanması için gerekli parametreler verilmiştir. Şekilde gösterilen LSID, gizlemenin yapılacağı yüklem seti numarasını, P1 ve P2 sırasıyla alt ve üst basınç sınırlarını, CID1 ise gizlemenin yapılacağı tanımlı temas numarasını (contact id) göstermektedir. LSID tanımında LOAD\_SEGMENT\_SET kartı kullanılmış ve sac parça üzerinde tüm elemanları içeren bir segment seti oluşturulmuştur. CID1 parametresine ise istampa ve sac arasında tanımlı temas numarası olan 1 değeri girilmiştir. Bu kart sayesinde aynı temas basınçları için arzu edildiği kadar temas tanımlaması yapılabilmektedir.

Keyword Input Form

NewID Draw Add Accept Delete Default Done

Use \*Parameter (Subsys: 1 110mm.k) Setting

\*LOAD\_SEGMENT\_CONTACT\_MASK (1)

ID	Heading						
1	ters basınç tanım						
LSID	P1	P2	CID1	CID2	CID3	CID4	CID5
1	0.5000000	1.0000000	1	0	0	0	0

Repeated Data by Button and List

CID1	CID2	CID3	CID4	CID5	CID6	CID7	CID8
							1

Şekil 3. Ls-Dyna'da bulunan Load\_Segment\_Contact\_Mask kartı

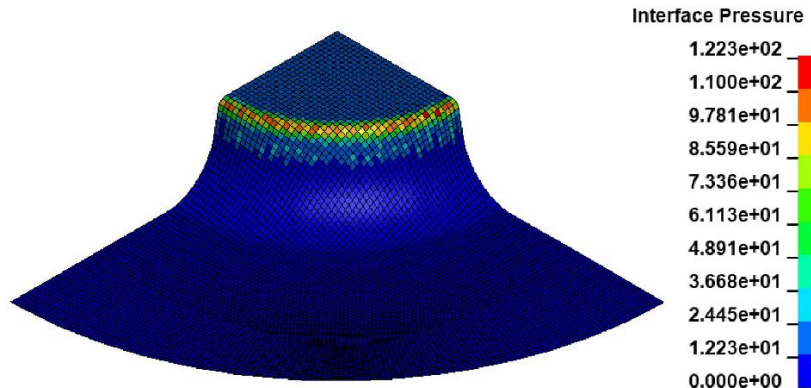
Bu kartta tanımlanacak en önemli parametreler P1 ve P2 değerleridir. Bu parametrelerin yanlış tanımlanması durumunda basınç gizleme işlemi gerçekleştirilememekte ve sacın tüm yüzeyine destek basıncı etki etmektedir. Burada alt (P1) ve üst (P2) basınç sınır değerlerini belirlenmesi için temas anında parçalar arasındaki yüzey

basıncının kontrol edilmesi gerekmektedir. Eğer yüzey basıncı P1 değerinin altına düşerse LOAD\_SEGMENT\_SET ile tanımlanan basınç eğrisi sac yüzeyine uygulanmaktadır. Burada ıstampa ve sac arasındaki yüzey basıncının düşük olması parçalar arasında temasın olmadığını göstermektedir ve tanımlanan basınç gizleme yapılmadan uygulanmaktadır. Setler üzerindeki yüzey basıncı P2 değerini aşarsa (temas gerçekleşirse) LOAD\_SEGMENT\_SET ile tanımlanan basınç uygulanmamakta ve dolayısıyla P2 değerini aşan setlerde basınç gizleme işlemi gerçekleştirilmektedir.

P1 ve P2 değerlerini belirlemek için sadece 30 MPa'lık sabit iç basınç uygulanmış ve sac üzerindeki yüzey basınçları (interface pressure) kontrol edilmiştir. Yüzey basınçlarının dosyaya yazdırılması için modelde DATABASE\_BINARY\_INTFOR ve DATABASE\_EXTENT\_INTFOR kartları aktif hale getirilmiştir. Slave ve master parçaların yüzey basınç değerlerinin yazdırılması için temas kartındaki SPR ve MPR parametre değerleri 1 yapılmıştır. Ayrıca analiz çözüm komut satırına s=intfor eklentisi eklenmiştir. Bu sayede yüzey basınç değerleri "intfor" isimli dosyaya yazdırılmış ve bir ön işleme yazılımı olan Ls-Prepost'a import edilerek basınç değerleri incelenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

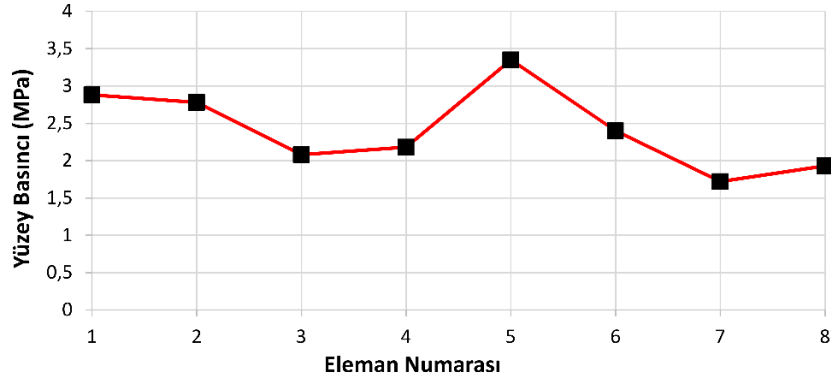
ÇTHŞ analizi gerçekleştirildikten sonra sac üzerinde elde edilen yüzey basıncı dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Dağılıma bakıldığında özellikle ıstampa radyüsünde temas kuvvetinin arttığı ve yüzey basıncının 122 MPa değerlerine ulaştığı, ıstampa ile temasın olmadığı desteksiz bölgeden flanş bölgesine kadar ise yüzey basıncının sıfır olduğu görülmektedir.



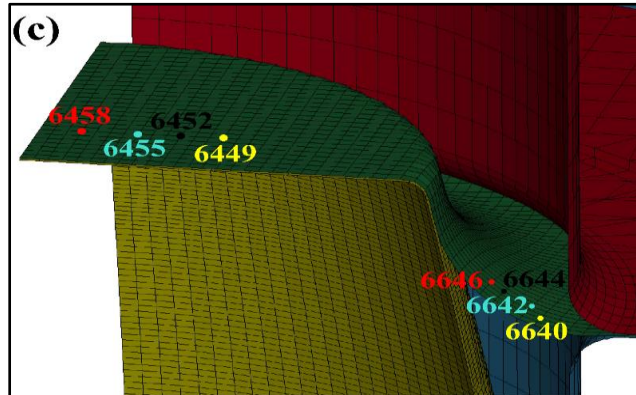
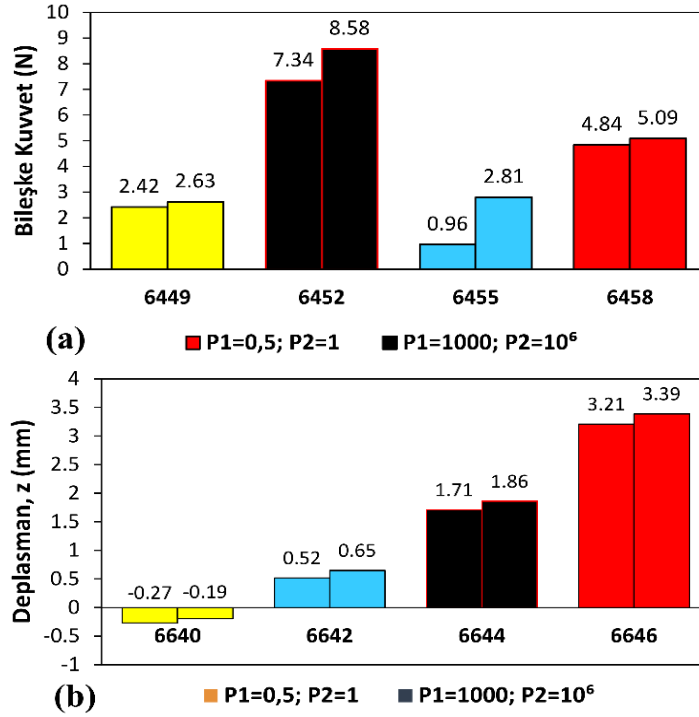
Şekil 4. Tek taraflı hidroşekillendirme analizinde ıstampa-sac temasında sac yüzeyindeki yüzey basıncı dağılımı

Analizlerde kullanılacak P1 ve P2'nin değerlerinin belirlenmesi için Şekil 4'teki ıstampa üst yüzeyi ile sac arasındaki yüzey basıncı değerlerinden yararlanılmıştır. Burada ıstampa'nın sac ile temas ettiği bölgede yüzey basıncının düşük (açık mavi bölge) olduğu görülmektedir. Yüzey basıncının değerini tam olarak belirlemek için ıstampa'nın sac ile temas ettiği düz yüzeyde bulunan sekiz adet elemanın yüzey basınçları çizilmiştir ve Şekil 5'te verilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi en düşük yüzey basıncının 1.72 MPa olduğu saptanmıştır. İç sıvı basıncının 30 MPa olduğu göz önünde bulundurularak Şekil 4'teki ıstampa konumundayken 1.72 MPa yüzey basıncı değerinin ıstampa ile sac arasında temasın olduğunu gösterdiği varsayılmıştır. Dolayısıyla P1 ve P2 parametreleri sırasıyla 0.5 ve 1 MPa alınmıştır. Bu durumda ıstampa ve sac arasındaki yüzey basıncı 1 MPa değerini aştığında temasın olduğu algılanacak ve o elemanlar (segmentler) üzerindeki basınç gizlenecek; 0.5 MPa değerinin altında kaldığında ise tanımlanan basınç gizleme yapılmadan basınç tüm elemanlara uygulanacaktır. Yüzey basıncı P1 ve P2 değerleri arasında kalan elemanlara ise basınç, modelde tanımlanan basınç eğrisi değerleri Denklem 1'de verilen  $f$  katsayısı ile çarpıldıktan sonra uygulanmıştır. Burada  $p_{temas}$ , segment üzerindeki anlık yüzey basıncı değeri, P1 ve P2 ise Şekil 3'te gösterilen temas gizleme kartındaki parametrelerdir.

$$f = \frac{P2 - p_{temas}}{P2 - P1} \quad (1)$$



Şekil 5. İstampa üst yüzeyinde bulunan sekiz adet elemanın yüzey basınç değerleri



Şekil 6. P1 ve P2 değerlerinin analiz sonuçlarına etkisi: (a) ıstampa üzerindeki bazı düğümlerde oluşan bileşke kuvvetler, (b) desteksiz bölgedeki bazı düğümlerin ıstampa hareketi yönündeki deplasmanları

LOAD\_SEGMENT\_CONTACT\_MASK kartındaki P1 ile P2 parametrelerinin destek basıncı üzerinde etkisini belirlemek için iki farklı analiz gerçekleştirilmiştir. Birinci analizde çift taraflı basınçlardan 30 MPa'lık iç basınç LOAD\_MASK kartıyla, 20 MPa'lık destek basıncı ise LOAD\_SEGMENT\_CONTACT\_MASK kartıyla

tanımlanmıştır. Bu analizde P1 ve P2 değerleri yüzey basıncının ulaşamadığı kadar büyük (sırasıyla  $10^3$  ve  $10^6$  MPa) seçilmiştir. İkinci analizde ise P1 ve P2 sırasıyla 0.5 MPa ve 1 MPa alınmıştır. Analizler sonucunda ıstampa üzerinde destek basıncının uygulandığı bir elemana etkiyen bileşke kuvvetler karşılaştırılmıştır. İstampa üzerindeki 6449, 6452, 6455 ve 6458 numaralı düğüm noktalarından ölçülen bileşke kuvvetler Şekil 6a'da verilmiştir. P1 ve P2 değerlerinin büyük olması, yani destek basıncının gizleme yapılmadan saca uygulanması ile dört düğüm noktasındaki bileşke kuvvetlerin, P1 ve P2 değerlerinin küçük olduğu, yani sıvı basıncının yüzey basıncına göre gizlendiği analizdekilere göre daha büyük çıktığı görülmüştür. Desteksiz bölgedeki 6640, 6642, 6644 ve 6646 numaralı düğüm noktalarının ıstampa hareketi (z) yönündeki deplasman değerleri ise Şekil 6b'de gösterilmiştir. Aynı şekilde, dört düğüm noktası için de gizlemenin yapılmadığı analizdeki deplasman değerlerinin, gizlemenin yapıldığı analizdeki değerlere göre daha büyük olduğu saptanmıştır. Yani ıstampa üzerindeki elemanlara da destek basıncının uygulanması ile desteksiz bölgedeki düğüm noktaları ıstampa duvarından uzaklaştırılmış ve dolayısıyla deplasmanları daha büyük çıkmıştır.

Şekil 4'te sac üzerindeki yüzey basıncının flanş bölgesinde de sıfır olduğu görülmektedir. Halbuki ÇTHŞ prosesinde flanş bölgesine etkiye tek kuvvet baskı plakası kuvvetidir. Temas gizleme kartının bu eksikliğini gidermek için LOAD\_MASK kartı ile flanş bölgesine destek basıncının tersi yönünde aynı basınç değerleri uygulanmıştır. Böylece destek basıncının sadece desteksiz bölgeye uygulanması sağlanmıştır.

## SONUÇ

Bu çalışmada bir değişken kesitli aksisimetrik parça çift taraflı hidroşekillendirme için Ls-Dyna yazılımında modellenmiştir. Çift taraflı hidroşekillendirme yönteminde bulunan destek basıncının sonlu elemanlar analizinde her bir zaman adımında değişken alana uygulanabilmesi için yazılımda yer alan temas gizleme kartı kullanılmıştır. Sac parça üzerinde çeşitli düğüm noktalarından elde edilen kuvvet değerleri kıyaslanarak kart için gerekli parametreler belirlenmiştir. Sonuç olarak, temas gizleme kartındaki parametre değerleri uygun girildiği takdirde ıstampayla temas halindeki elemanlar üzerine uygulanacak basıncın her zaman adımında gizlenebildiği belirlenmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 217M700 No.lu ve "çift taraflı sac hidroşekillendirmede yüklem eğrilerinin adaptif kontrolle optimize edilerek şekillendirilebilirliğin artırılması" başlıklı proje çerçevesinde desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Kao AS, Kuhn HA, Richmond O, Spitzig WA 1990. Tensile fracture and fractographic analysis of 1045 spheroidized steel under hydrostatic pressure, *Journal of Materials Research*, 5(1), 83-91.
- Khandeparkar T, Liewald M 2007. Experimental determination of the limiting bulge height in hydromechanical deep drawing, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, 2008; 222(2): 237-244.
- Liu W, Chen YZ, Yuan SJ 2017. Mechanism analysis on thickness distribution of aluminum alloy hemispherical shells in double-sided sheet hydroforming. *Int J Advanced Manufacturing Technology*, 89:2011-2020.
- LSTC 2018. LS-DYNA R11 keyword user's manual, Volume I.
- Öztürk E, Türköz M, Halkacı HS, Koç M 2017. Determination of optimal loading profiles in hydromechanical deep drawing process using integrated adaptive finite element analysis and fuzzy control approach. *Int J Adv Manuf Technol* 88, 2443-2459.
- Wang Z, Song H, Wang Zhe 2008. Deformation behavior of TC1 titanium alloy sheet under double-sided pressure, *Transaction of Nonferrous Metals Society of China*, 18(2008) 72-76.
- Wu PD, Embury JD, Lloyd DJ, Huang Y, Neale KW 2009. Effects of super-imposed hydrostatic pressure on sheet metal formability, *International Journal of Plasticity*, 25 (9), 1711-1725.
- Zhang F, Li X, Xu Y, Chen J, Chen J, Liu G, Yuan S 2015. Simulating sheet metal double-sided hydroforming by using thick shell element, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 221, 13-20.

## Silindirik parçaların çift taraflı hidroşekillendirilmesi için bir tip-2 bulanık mantık algoritmasının geliştirilmesi

Ekrem Öztürk<sup>1\*</sup>, H. Selçuk Halkacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Seydişehir A. Cengiz Müh. Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar e-mail: eozturk@erbakan.edu.tr

### Özet

Gerçek dünyada var olan olaylarda, o olayın doğru mu yoksa yanlış mı olduğu ile ilgili durumlarla sıklıkla karşılaşılmaktadır. İnsan muhakemesine benzeyen bir akıl yürütme yöntemi olan bulanık mantık, 'evet' ve 'hayır' arasındaki tüm ara olasılıkları içermektedir ve insana ait bu deneyimleri matematiksel fonksiyonlara dönüştürerek makinelere aktarmaktadır. Bir karar mekanizması olan bulanık mantık sistemleri son yıllarda birçok alanda belirsizlikler ile baş edebilmek için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bulanık mantık sisteminde kullanılacak değişkenlere ait üyelik fonksiyonları eğer uzman tarafından kesin bir biçimde tanımlanabiliyorsa tip-1, net olmayıp belirli bir aralıkta tanımlanması gerekiyorsa tip-2 sistemi kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, önceki bir çalışmada silindirik bir parça için geliştirilen tip-1 bulanık mantık sisteminde kullanılan değişkenler benimsenmiş ve çift taraflı hidroşekillendirme yönteminde yer alan iç basınç, destek basıncı ve baskı plakası kuvveti yüklemelerinin optimizasyonu için bir tip-2 bulanık mantık kontrol algoritması geliştirilmiştir. Kontrol algoritmasında, minimum sac kalınlığı giriş değişkeniyle birlikte iç basınç, destek basıncı ve baskı plakası kuvveti için sırasıyla istampa duvarına temas, baskı plakası radyüsüne temas ve flanş bölgesindeki maksimum buruşma yüksekliği giriş değişkenleri kullanılmıştır. Çıkış değişkenlerine ait yüzey grafikleri MATLAB yazılımında çizdirilmiş ve tip-2 bulanık mantık denetleyicisinin giriş değişkenlerindeki belirsizlikleri giderebileceği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çift taraflı hidroşekillendirme, silindirik parça, tip-2 bulanık mantık, yükleme eğrileri.

### Development of a type-2 fuzzy logic algorithm for double-sided hydroforming of cylindrical parts

#### Abstract

In the events that exist in the real world, situations about whether the event is true or false are frequently encountered. Fuzzy logic, which is a reasoning method like human reasoning, includes all intermediate possibilities between 'yes' and 'no' and transfers these human experiences to machines by transforming them into mathematical functions. Fuzzy logic systems, which are a decision-making mechanism, have been widely used in many areas in recent years to deal with uncertainties. If the membership functions of variables to be used in the fuzzy logic system can be defined precisely by the expert, the type-1 system is used, if it is not clear and needs to be defined within a certain range, the type-2 system is used.

In this study, the variables used in a type-1 fuzzy logic system developed for a cylindrical part in a previous study were adopted and a type-2 fuzzy logic control algorithm was developed for the optimization of internal pressure, support pressure, and blank holder force profiles in double-sided hydroforming method. In the control algorithm, together with the input variable of minimum sheet thickness, the input variables for internal pressure, support pressure, and blank holder force, respectively, punch wall contact, blank holder radius contact, and maximum wrinkle height in the flange area were used. Surface graphics of the output variables were drawn in MATLAB software and it was determined that the type-2 fuzzy logic controller could eliminate the uncertainties in the input variables.

**Keywords:** cylindrical part, double-sided hydroforming, loading profiles, type-2 fuzzy logic.

## GİRİŞ

Sac metallerin şekillendirilmesiyle elde edilen derin parçalar otomobil, uzay, elektronik endüstrisi vb. birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu yöntem derin çekme olarak adlandırılmaktadır. Klasik derin çekme ile ancak birkaç kademedede üretilebilen iş parçaları, kabaca sıvı ile şekillendirme olarak tanımlanabilen hidroşekillendirme ile bir kademedede üretilebilmektedir. Klasik derin çekmeye benzeyen ancak sacın bir yüzüne yüksek basınçlı akışkan verilmesiyle yapılan hidroşekillendirme de hidromekanik derin çekme (HDÇ) olarak adlandırılmaktadır ve günümüzde, endüstride, oda sıcaklığında, en fazla şekillendirilebilirliğin elde edildiği bir yöntemdir. Ancak, konik, yarı küresel, parabol, beyzi (ojiv) vb. şekillere sahip iş parçalarında olduğu gibi, kalıp boşluğunun çok fazla olduğu durumlarda, saca tek taraftan basıncın uygulandığı HDÇ prosesinde yeterli şekillendirilebilirlik elde edilememektedir. Bu durumda, malzemeye diğer yüzeyinden de sıvı basıncı uygulanarak, baskı plakası radyüsüne temas da önlenerek, malzeme akışı daha iyi kontrol altına alınabilmektedir.

Hidroşekillendirme işleminde daha kompleks parçaların daha yüksek dayanımda üretilebilmesi için yeni teknikler araştırılmaktadır. Strona ve ark. (2004) tüp hidroşekillendirmede, şekillendirmenin ilk anlarında oluşan hasarlanmaları engellemek için şekillendirme ıstampasına ek olarak bir karşı ıstampa kullanmışlardır. Ancak karşı ıstampa birçok şekillendirme türü için esnek bir çözüm olmamaktadır. Bunun yerine sacın iki yüzüne de etki eden sıvı basıncı ile kullanılan çift taraflı hidroşekillendirme (ÇTHŞ) işlemi hem tüp hem de sac şekillendirme için daha esnek bir yöntem olmuştur. Khandeparkar ve Liewald (2007) ÇTHŞ yöntemini kullanarak silindirik ıstampa ile DC04 düşük karbonlu çeliğin bu proste malzemenin şekillendirilebilirlik oranı artırmıştır. Cui ve ark. (2015) tüp şekillendirme için çift taraflı basınç kullanarak parçanın şekillendirilebilirliğini artırmışlardır. Wang ve ark. (2008) TC1 alüminyum alaşımlı sacı çift taraflı ve tek taraflı basınç uygulanacak şekilde şişirme testine maruz bırakmıştır. Sonuçta çift taraflı basınçla şekillendirilen sacın şekillendirilebilirliği artmıştır. Liu ve ark. (2011) pahlı geometriye sahip ıstampa geometrisi için, iç basınç ve destek basıncı profillerini elde etmiştir. Burada elde edilen iç basınç ve destek basıncı arasındaki basınç farkının sabit kalması gerektiği kabulünü yaparak iç basınç değerini de değiştirerek en az incelmeye neden olan basınç eğrisini elde etmiştir.

ÇTHŞ’de iç basınç, destek basıncı ve baskı plakası kuvveti (BPK) yükleme profilleri, stampa pozisyonuna bağlı olarak bulunması gerekmektedir. ÇTHŞ’de iç basınç ve destek basıncının etkilerini simülasyon yazılımlarında görmek ve düzeltmek mümkün olabilir. Ancak yükleme profillerini deneme yanılma yöntemiyle bulmak neredeyse imkânsızdır. Bu durumda çözüm, prosesin simülasyonu sırasında, ıstampanın çok küçük ilerlemelerinde yükleme profillerini denetleyecek bir yaklaşım olan adaptif kontroldür. Adaptif kontrol sistemi, kontrol ettiği prosesdeki değişimlere göre kendi kontrol parametrelerini otomatik olarak değiştiren sistem olarak tanımlanır ve prosesin çalışma koşullarının ya da çevre koşullarının değişmesi sonucunda kontrol sistemindeki ayarlarının, sürekli olarak değiştirilmesiyle gerçekleşir. Adaptif kontrol uygulamasının diğer proses kontrol sistemlerinden farkı, kontrol edilen değişkenin başlangıçta belirlenen “istenilen değer” de sabit tutulması yerine sistemin değişen özelliklerine uygun olarak yeni değerler almasıdır (Dirim, 2010). Bu nedenle, değeri proses sırasında anlık olarak değişen sıvı basıncı ve BPK gibi optimum değerlerin bulunabilmesi için araştırmacılar literatürde adaptif sonlu eleman simülasyonları (Sheng, 2004), adaptif sonlu eleman simülasyonlarıyla eş zamanlı çalışan Bulanık mantık kontrol algoritmaları (BMKA) (Choi ve ark., 2007; Intarakumthornchai ve ark., 2011) ve genetik algoritma (Shamsi-Sarband ve ark., 2012) yöntemlerini kullanmışlardır. Bu kontrol algoritmaları burkulma, buruşma veya yırtılma gibi erken hasar durumlarının belirlenmesi ve bu durumlardan kaçınılması için yapılmaktadır.

Günümüzde endüstriyel uygulamalarda oldukça geniş bir kullanım alanı bulunan bulanık mantık sistemleri, klasik kontrol yöntemlerine kıyasla birçok avantaja sahiptir. Bulanık mantık ile ilgili en önemli uygulamalar kontrol alanında yoğunlaşmaktadır (Leondes, 1998). Uygulanacağı sisteme ait komple bir matematiksel modelin geliştirilmesini gerektirmeyen bulanık mantık kontrolörler, “EĞER-O ZAMAN” ifadelerini içeren bir kurallar bütününden oluşmaktadır. Bu kurallar, çıkışlar ve girişler arasındaki doğrusal olmayan ilişkiyi modellemekte ve kontrol işlemi kuralların içeriğine göre gerçekleştirilmektedir (Leondes, 1998; Chu ve ark., 2008). Bulanık mantık kontrolörler, genellikle tecrübelerden kazanılan bilgilerle oluşturulmaktadır (Alam ve Tokhi, 2008). Bu durum genel sistem verimliliğini oldukça büyük oranda etkilemektedir (Ustun ve Demirtas, 2008).

1990’ların sonlarından itibaren tip-2 bulanık mantık çalışmalarının yaygınlaşmaya başlaması ile günümüze kadar gelen bulanık mantık uygulamalarında kullanılan bulanık mantık teorisi literatürde tip-1 bulanık mantık olarak belirtilmeye başlanmıştır. Tip-1 bulanık kümelerde o kümeyle ait elemanların üyelik dereceleri  $\{0,1\}$  aralığında keskin değerler alırken, Tip-2 bulanık kümeler ise o kümeyle ait her bir elemanın üyelik derecelerinin de bir bulanık



küme belirttiği üyelik fonksiyonları ile ifade edilirler. Nasıl ki bir elemanın bir kümeye üyeliği 0 ya da 1 şeklinde tam olarak belirlenemediği durumlarda tip-1 bulanık kümeleri kullanılıyorsa, benzer şekilde bir tip-1 bulanık kümenin üyelik fonksiyonunu tanımlarken belirsizliklere bağlı olarak o kümeye ait elemanların üyelik dereceleri tam olarak belirlenemediği zaman tip-2 bulanık kümeler kullanılmaktadır (Castillo ve Melin, 2008).

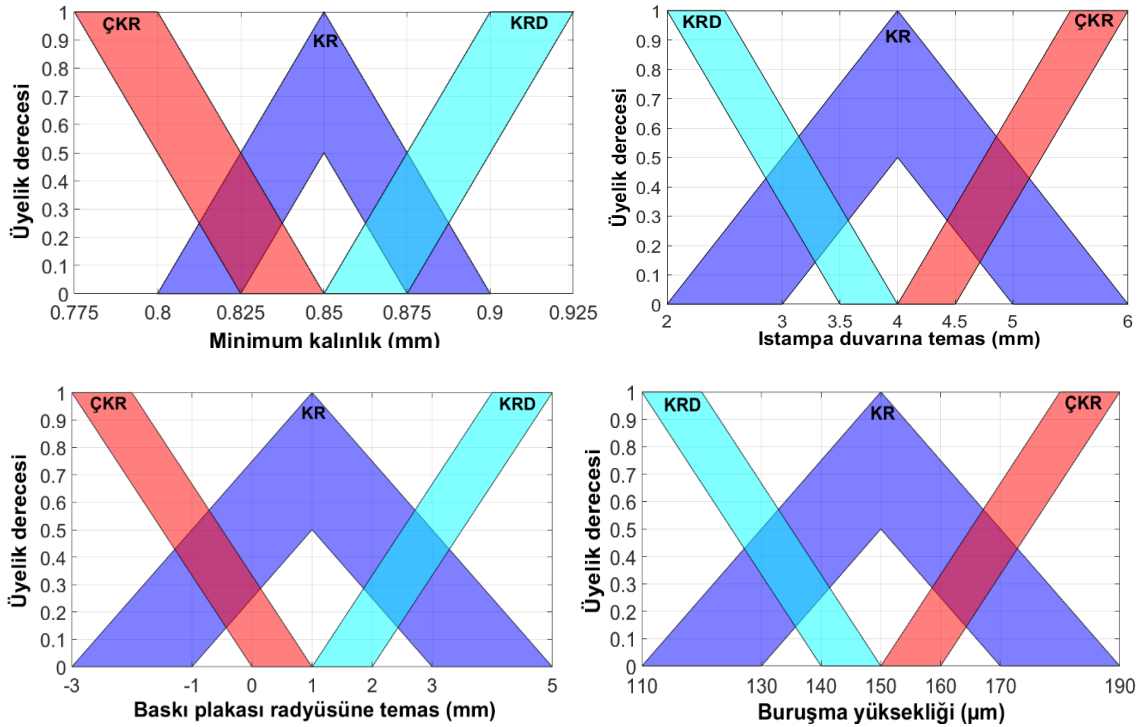
Bu çalışmada silindirik bir parça için geliştirilen tip-1 BMKA (Öztürk ve ark., 2017), ÇTHŞ’de optimum yükleme profillerinin elde edilmesi için tip-2 BMKA’ya dönüştürülmüştür. Genel ve Aralıklı olarak ikiye ayrılan Tip-2 bulanık mantık siteminde (BMS) hesaplamadaki karmaşıklığından dolayı Genel Tip-2 BMS’nin literatürde az kullanıldığı belirlenmiştir. Dolayısıyla çalışmada Aralıklı Tip-2 (AT2) BMS’nin kullanılmasına karar verilmiştir. Algoritmada önceki çalışmada kullanılan yöntem benimsenmiştir. Kontrol parametreleri olan iç basınç, destek basıncı ve baskı plakası kuvveti için sırasıyla minimum sac kalınlığı-ıstampa duvarına temas, minimum sac kalınlığı-baskı plakası radyüsüne temas ve minimum sac kalınlığı-flanş bölgesindeki maksimum buruşma yüksekliği giriş değişkenleri kullanılmıştır. Mamdani çıkarım mekanizmasından elde edilen tip-2 bulanık çıkış kümeleri Karnik-Mendel indirgeyicisi ile tip-1 kümesine dönüştürülmüştür. Çıkış değişkenleri elde edildikten sonra yüzey grafikleri çizdirilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

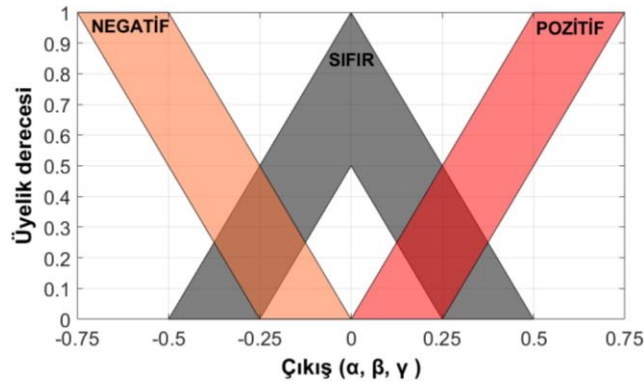
Bulanık kontrol algoritmalarının etkili ve doğru sonuçlar üretebilmesi için uygun giriş değişkenleri ve üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi gereklidir. Bulanık algoritmalar her ne kadar adaptif bir yöntem olsa da özellikle uygun üyelik fonksiyonlarının belirlenmesi için deneme-yanılma yoluna başvurulmaktadır. Çalışmada üyelik fonksiyonları, önceki çalışmada kullanılan üyelik fonksiyonları kullanılarak oluşturulmuştur. Giriş değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları Şekil 1’de verilmiştir. Üyelik fonksiyonlarındaki ÇKR çok kritik, KR kritik, KRD ise kritik değil dilsel ifadelerini temsil etmektedir. Giriş değişkenlerinin nasıl elde edildiği önceki çalışmada yer almaktadır (Öztürk ve ark., 2017). ÇTHŞ’nin karakteristik özelliği, klasik HDC’de sacın üst kısmından etkiyen iç basınca ek olarak sacın alt yüzeyinden karşı yönde bir basınç uygulanmasıdır. Bu destek basıncının uygulanmasının amacı, iç basıncı sacı ıstampaya mümkün olduğunca çok sıvamak için artırırken sacın flanş bölgelerine yakın kısımlarının baskı plakası radyüsüne temas ederek şekillenmesini engellemektir. Destek basıncının gereğinden az uygulanması sacda lokal olarak aşırı incelme ve yırtılmaya neden olmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada destek basıncı profillerinin elde edilmesi için baskı plakası radyüsüne temas giriş değişkeni kullanılmıştır.

Bulanık mantık kontrol algoritmasında uygun basınç profilinin belirlenmesi için  $\alpha$ , uygun baskı plakası kuvveti profilinin belirlenmesi için  $\beta$ , uygun destek basıncı profilinin belirlenmesi için de  $\gamma$  çıkış değişkenleri kullanılmaktadır. Algoritmada yer alan  $\alpha$  çıkış değişkeninin her bir zaman adımında hesaplanması için, uygun sıvı basıncı profilinin kontrolünde HDC prosesinde en etkili parametreler olan minimum kalınlık ve ıstampa duvarına temas giriş değişkenleri;  $\beta$  çıkış değişkeni için uygun BPK profilinin kontrolünde minimum kalınlık ve maksimum buruşma yüksekliği giriş değişkenleri;  $\gamma$  çıkış değişkeni için uygun destek basıncı profilinin kontrolünde ise minimum incelme ve baskı plakası radyüsüne temas giriş değişkenleri kullanılmıştır. BMKA’da eğer  $\alpha$ ,  $\beta$  veya  $\gamma$  negatif, pozitif veya sıfır hesaplanırsa bu sıvı basıncı, destek basıncı veya baskı plakası kuvvetinin sırasıyla azaltılması (-), artırılması (+) veya değiştirilmemesi (0) gerektiği anlamına gelmektedir. Kontrol algoritmasında kullanılan negatif, sıfır ve pozitif üyelik fonksiyonları Şekil 2’de gösterilmiştir. Her üç çıkış değişkeni için de aynı üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır.

Her bulanık kontrol sistemi bir kural tabanı matrisine ihtiyaç duymaktadır. Bu matris ise bilgi tabanı ile tecrübenin özel bir tipidir ve prosesin karar verme basamağını oluşturmaktadır. Bu çalışmada, iç basınç, destek basıncı ve baskı plakası kuvvetini bulmak için gerekli üç ayrı matris mevcuttur ve bu matrisler yüklemelerin (iç basınç, destek basıncı ve baskı plakası kuvvetlerinin) artırılması, azaltılması veya değiştirilmemesi gibi kararların belirlenmesi için gerekli kurallardan oluşmaktadır. İç basınç ve BPK kontrol parametrelerine ait kural matrislerinde önceki çalışmada kullanılan matrisler kullanılmıştır. Bu çalışmada yer alan destek basıncı için oluşturulan kural matrisi Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Giriş değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları

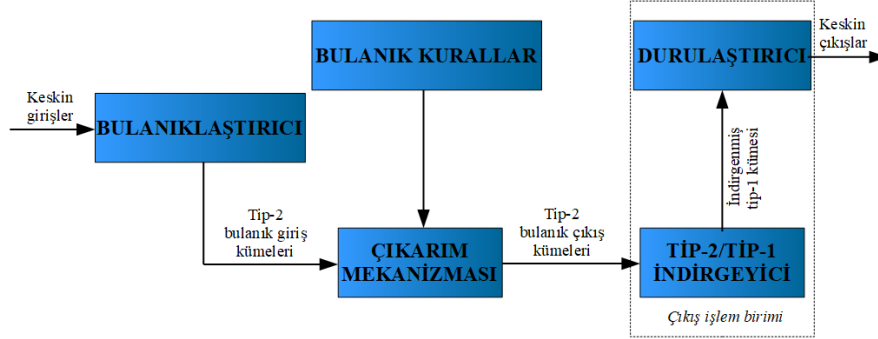


Şekil 2. Çıkış değişkenlerine ait üyelik fonksiyonları

**Tablo 1.** Destek basıncı için bulanık kural tabanlı matris

	Baskı plakası radyüsüne temas		
Minimum kalınlık	ÇKR	KR	KRD
ÇKR	$K_1 (+)$	$K_2 (0)$	$K_3 (0)$
KR	$K_4 (+)$	$K_5 (0)$	$K_6 (0)$
KRD	$K_7 (+)$	$K (0)$	$K_9 (0)$

Tipik bir tip-2 bulanık mantık denetleyicisi (BMD) yapısı Şekil 3'te blok diyagramı şeklinde gösterilmiştir. Tip-1 BMD ile oldukça benzerlik gösteren tip-2 BMD, özellikle *bulanıklaştırıcı* biriminde yer alan çok sayıda gömülü üyelik fonksiyonlarından dolayı yapısında *tip indirgeyici* birimini de barındırmaktadır. Blok diyagramı incelendiğinde tip-2 BMD'de, keskin (crisp) giriş değerleri *bulanıklaştırıcı* biriminde bulanıklaştırıldıktan sonra *çıkarma mekanizması* ve *bulanık kurallar* birimleri yardımıyla bulanık çıkış kümelerine dönüştürülmektedir. Ancak buradaki çıkış kümeleri tip-1 BMD'den farklı olarak tip-2 çıkış kümelerine sahip olduğundan *tip indirgeyici* birimi yardımıyla tip-2 çıkış kümeleri tip-1 çıkış kümelerine dönüştürülmektedir. Son çıkış işlem birimi olan *durulaştırıcı* ise tip-2 kümesinden indirgenerek elde edilen indirgenmiş tip-1 kümesini durulaştırarak keskin çıkış değerlerini hesaplamaktadır.

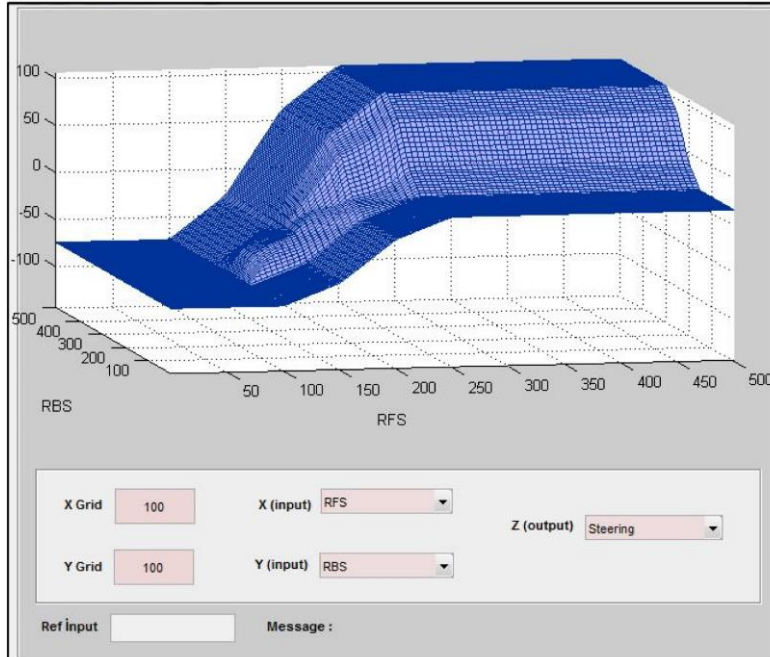


Şekil 3. Bir tip-2 bulanık mantık kontrolcüsüne ait blok diyagramı

AT2 BMKA'nın yazılıp kolay bir şekilde derlenebilmesi için AT2 BMKA VISUAL BASIC (VB) programlama dilinde yazılmıştır. Altyapısı oluşturulan algoritmanın doğruluğunun kontrol edilebilmesi için Kelekçi (2016) tarafından yapılan tez çalışmasında teorik olarak çözümü yapılmış bir mobil robot kontrol uygulaması referans alınmıştır.

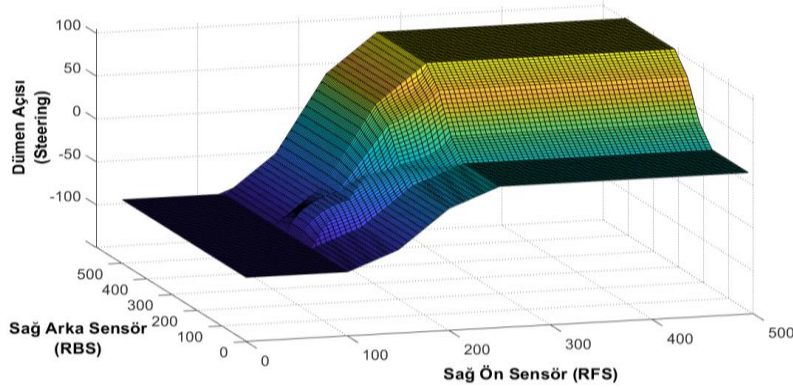
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Kelekçi (2016), MATLAB programlama dilinde yazıp oluşturduğu editöre sağ ön sensörden 170 cm, sağ arka sensörden ise 240 cm bilgisi geldiğinde denetleyicinin kontrol için vereceği çıkış sinyalini AT2 BMKA ile teorik olarak -5.52 derece olarak hesaplamıştır. Sağ ön sensör ve sağ arka sensör girişlerinin her birinden [0-500] değer aralığında 100'er örnek alarak dümen kontrolü çıkış sinyaline ait yüzey grafiğini çizmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Kelekçi (2016) tarafından elde edilen çıkış yüzey grafiği

Çalışmada VB programlama dilinde Kelekçi (2016) teorik altyapısı kullanılarak mobil robot kontrolü için yazılan AT2 BMKA ile yine [0-500] değer aralığında 100'er örnek alınarak elde edilen dümen kontrolü çıkış değerleri sağ ön sensör ve sağ arka sensör giriş değerleriyle birlikte bir text dosyasına sıralı bir şekilde yazdırılmıştır. Ardından MATLAB programında bu text dosyasında yer alan tablo homojen diziye dönüştürülerek çıkışa ait yüzey grafiği çizdirilmiş ve Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Visual Basic programlama dilinde yazılan AT2 BMKA ile elde edilen çıkış yüzey grafiği

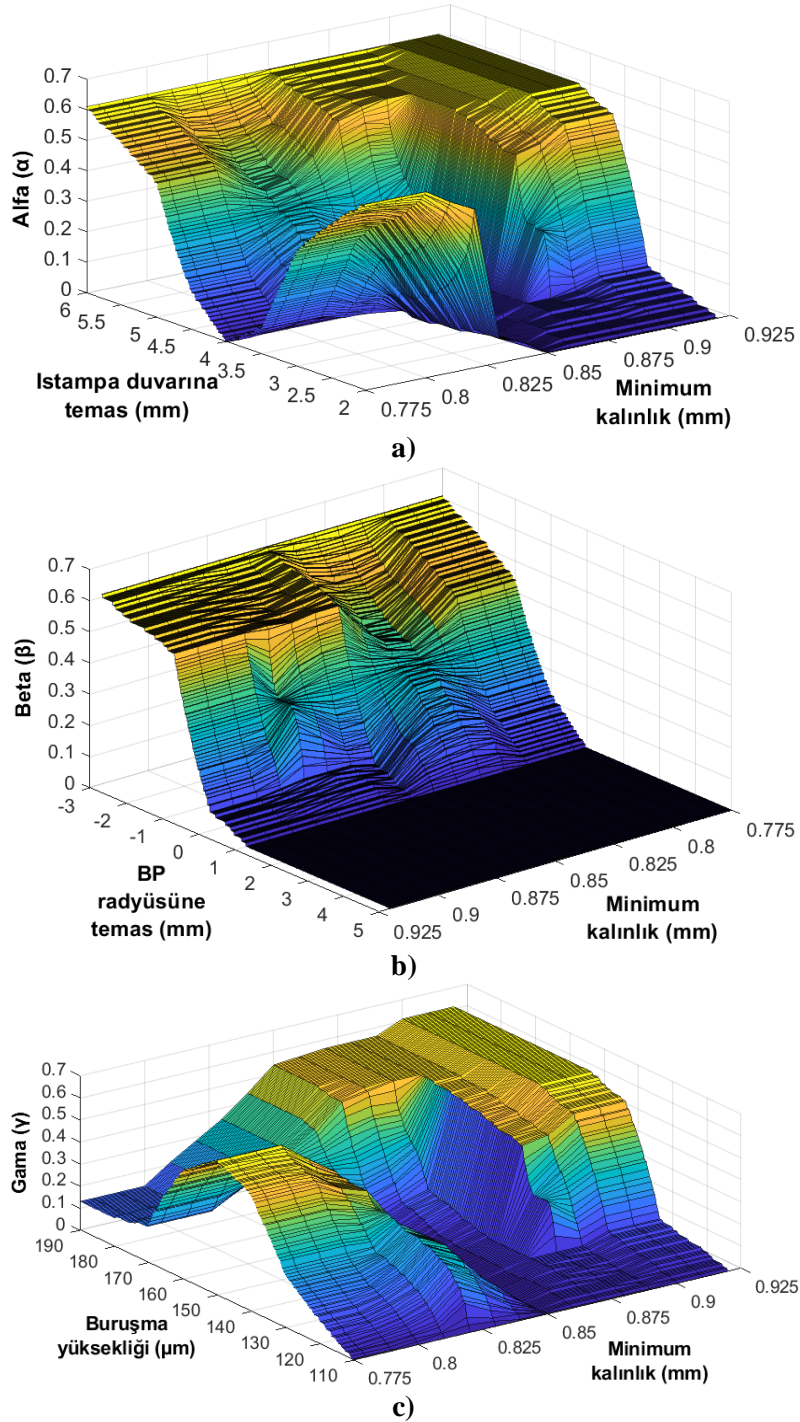
Çıkarım mekanizması olarak *Mamdani* yöntemi kullanılmıştır. *Mamdani* çıkarım yönteminde *bulanıklaştırıcı* biriminden gelen üyelik dereceleri *minimum* ilişkili operatörü kullanılarak çıkış üyelik fonksiyonu ile ilişkilendirilmektedir. Tip-2 BMD'de ise aynı şekilde her bir giriş değişkene ait alt ve üst üyelik fonksiyonundan elde edilen üyelik derecelerine ayrı ayrı kendi aralarında *minimum* işlemi uygulanmaktadır.

*Tip-2/Tip-1 indirgeyicisi*, kontrol için elde edilen çıkış üyelik fonksiyonlarının ağırlık merkezlerinin bulunması işlemi olarak da ifade edilmektedir. Daha önceden de bahsedildiği gibi AT2 üyelik fonksiyonu çok sayıda gömülü tip-1 üyelik fonksiyonundan oluştuğu için bu üyelik fonksiyonlarının ayrı ayrı ağırlık merkezlerinin bulunup AT2 üyelik fonksiyonun genel ağırlık merkezinin bulunması hesaplama açısından zahmetlidir. Bu yükü ortadan kaldırmak için bazı genellemeler yapılmaktadır ve literatürde çok sayıda *Tip-2/Tip-1 indirgeyicisi* yöntemi bulunmaktadır. Çalışmada tip-2 BMD'de, literatürde yoğun olarak kullanılan ve Karnik-Mendel tarafından geliştirilen iteratif *KM algoritması* kullanılmıştır. *KM algoritması*, gömülü tip-1 üyelik fonksiyonları arasından en küçük ve en büyük ağırlık merkezlerini iterasyon yöntemi ile yaklaşık olarak bulmaktadır. Bu ağırlık merkezleri bulduktan sonra *KM algoritması* yardımıyla hesaplanan sol ve sağ kesim noktaları kullanılarak sol ve sağ kontrol sinyalleri elde edilir. Bu noktadan sonra *Durulaştırıcı* biriminin tek görevi ise elde edilen bu kontrol sinyallerinin ortalamasını almaktır. Hesaplanan ortalama değer AT2 BMD ile elde edilen çıkış kontrol sinyali değeridir. Çalışmada kullanılan ve Şekil 2'de gösterilen çıkış üyelik fonksiyonları için *KM algoritması* kullanılarak hesaplanan en küçük ve en büyük ağırlık merkezleri değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Çıkış üyelik fonk. için KM algoritmasıyla hesaplanan en küçük ve en büyük ağırlık merkezleri

$\alpha$ , $\beta$ ve $\gamma$ çıkış üyelik fonksiyonları	En küçük ağırlık merk.	En büyük ağırlık merk.
Negatif	-0.67	-0.55
Sıfır	-0.24	0.24
Pozitif	0.55	0.67

AT2 BMD ile her bir kontrol çıkış sinyali için elde edilen değerler text dosyasına giriş değişkenleriyle yazdırıldıktan sonra MATLAB programında üç boyutlu yüzey grafikleri çizdirilmiş ve Şekil 6'da verilmiştir. Şekil genel olarak incelendiğinde, AT2 BMD'de kullanılan kural tablosunda negatif ifade (yükleme değerini azaltma) olmadığından dolayı  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  çıkış sinyali değerleri ilgili giriş değişkeni değerlerine karşılık negatif çıkmayarak sıfır (yükleme değerini sabit tutma) veya pozitif (yükleme değerini artırma) hesaplanmıştır. Tüm yüzey grafiklerinden görüleceği gibi çıkış sinyallerinde basamak sayıları oldukça fazladır. Bu tarz çok basamaklı yüzey grafikleri AT2 BMD'nin gerçek dünyadaki uygulamalara ait belirsizliklerle baş edebileceğini göstermektedir.



Şekil 6. Tip-2 bulanık mantık denetleyicisi tarafından elde edilen: (a) iç basınç, (b) destek basıncı, (c) baskı plakası kuvveti çıkış yüzey grafikleri

## SONUÇ

Tip-2 bulanık mantık sistemleri çeşitli kontrol sistemlerinde ve modellemelerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Tip-1 sisteminde üyelik fonksiyonları belirli bir giriş değeri için 0 ile 1 arasında kesin (crisp) bir değere sahiptir. Tip-2’de ise belirli bir aralıkta birden fazla Tip-1 üyelik fonksiyonu tanımlandığı için Tip-2 sistemi, kontrol sistemlerindeki belirsizlikleri Tip-1’e göre daha fazla minimize etmektedir.

Bu çalışmada, önceki çalışmada hidromekanik derin çekme prosesi için geliştirilen tip-1 bulanık mantık kontrol algoritması kullanılarak çift taraflı hidroşekillendirme prosesi için tip-2 kontrol algoritması geliştirilmiştir.

Geliştirilen algoritma doğrulandıktan sonra çıkış yüzey grafikleri çizilmiştir. Tip-2 bulanık mantık kontrol algoritmasının çift taraflı hidroşekillendirme prosesinde üyelik fonksiyonlarından kaynaklı belirsizlikleri giderebileceği belirlenmiştir.

Bu çalışmanın bir sonraki aşamasında, geliştirilen tip-2 bulanık mantık kontrol algoritmasının Ls-Dyna yazılımında kullanılarak yeni bir çözücü oluşturulması ve optimum yükleme profilleri bulunarak şekillendirilebilirliğin artırılması planlanmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK 1001-Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında 217M700 No.lu ve “çift taraflı sac hidroşekillendirmede yükleme eğrilerinin adaptif kontrolle optimize edilerek şekillendirilebilirliğin artırılması” başlıklı proje çerçevesinde desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alam MS, Tokhi MO 2008. Hybrid fuzzy logic control with genetic optimisation for a single-link flexible manipulator, *Eng. Appl. of Artificial Intelligence*, 21:858-873.
- Castillo O, Melin P 2008. *Type-2 Fuzzy Logic: Theory and Applications*, Verlag Berlin Heidelberg, Springer.
- Choi H, Koc M, Ni J 2007. Determination of optimal loading profiles in warm hydroforming of lightweight materials, *Journal of Materials Processing Technology*, 190, 230-242.
- Chu B, Kim D, Hong D, Park J, Chung JT, Chung JH, Kim, TH 2008. GA-based fuzzy controller design for tunnel ventilation systems, *Auto. in Construction*, 17:130-136.
- Cui X, Wang X, Yuan S 2015. The Bulging Behavior of Thick-Walled 6063 Aluminum Alloy Tubes Under Double-Sided Pressures, *JOM* 67, 909-915.
- Dirim S 2010. Adaptif Kontrol Sistemleri ve Gıda Endüstrisindeki Bazı Uygulamaları, *Akademik Gıda Dergisi*, 8(3), 43-46.
- Intarakumthornchai T, Jirathearanat S, Juntarat J 2011. Determination of loading paths in hydromechanical deep drawing process of parabolic cup with FEA based 2-D interval halving and fuzzy logic, *METEC 2011*, Düsseldorf.
- Khandeparkar T, Liewald M 2007. Experimental determination of the limiting bulge height in hydromechanical deep drawing, *Proc. IMechE Vol. 222 Part B: J. Engineering Manufacture*, Institut für Umformtechnik, Universität Stuttgart, Germany.
- Kelekçi E 2016. Tip-2 Bulanık Mantık Editörünün Geliştirilmesi ve Esnek Eklemlili Robot Kolunun Denetimi, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi.
- Leondes CT 1998. *Fuzzy logic and expert systems application*, USA: Academic Pres, California.
- Liu G, Lin J-feng, Wang G, Su Hai-bo, Chen X-ping, Jiang Hao-min 2011. Influence of tube properties on quality of hydropiercing, *Transaction of Nonferrous Metals Society of China*, 21, Pages s406-s460.
- Öztürk E, Türköz M, Halkacı HS, Koç M 2017. Determination of optimal loading profiles in hydromechanical deep drawing process using integrated adaptive finite element analysis and fuzzy control approach. *Int J Adv Manuf Technol* 88, 2443-2459.
- Shamsi-Sarband A, Zahedi SA, Bakhshi-Jouybari M, Hossinipour SJ, Banabic D 2012. Optimization of the pressure path in sheet metal hydroforming, *Proceedings of the Romanian Academy, Series A*, 13, 351-359.
- Sheng ZQ, Jirathearanat S, Altan T 2004. Adaptive FEM simulation for prediction of variable blank holder force in conical cup drawing, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 44, 487-494.
- Strano M, Jirathearanat S, Guang Shr S, Altan T 2004. Virtual process development in tube Hydroforming, *Journal of Materials Processing Technology* 146, 130-136.
- Ustun SV, Demirtas M 2008. Optimal tuning of PI coefficients by using fuzzy-genetic for V/f controlled induction motor, *Expert Systems with Appl.*, 34:2714-2720.
- Wang Z, Song H, Wang Zhe 2008. Deformation behavior of TC1 titanium alloy sheet under double-sided pressure, *Transaction of Nonferrous Metals Society of China*, 18, 72-76.

## Deprem ve zemin özelliklerinin tek boyutlu dinamik davranışa etkisi

Tolgahan Feyizoğlu<sup>1\*</sup>, Bilal Özasan<sup>2</sup>, Tolga Yılmaz Özudoğru<sup>2</sup>, Recep İyisan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>İTÜ, İnşaat Fakültesi-İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: feyizoglutolgahan@gmail.com:

### Özet

Deprem sırasında oluşan sismik dalgalar, kaynak özelliklerinin yanında hareketi yeryüzüne taşıyan zemin tabakalarının özelliklerinden de etkilenmektedir. Zemin tabakalarının deprem sırasında göstereceği davranış ile birlikte deprem sonucunda yüzeyde ve mühendislik yapılarında oluşması öngörülen etkilerin saptanarak tasarımlarda dikkate alınması amacıyla yerel saha davranışı analizleri yapılmaktadır. Bu çalışmada, deprem ve zemin özelliklerinin etkisini incelemek amacıyla Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği'nde (2018) tanımlanmış zemin sınıfları ile oluşturulmuş zemin modelleri üzerinde tek boyutlu dinamik analizler yapılmıştır. Çalışma kapsamında zemin modelleri tabanda anakaya üzerinde yer alan ve kalınlığı 30 metre olan kil ve kum tabakaları olarak seçilmiştir. Analizlerde kullanılmak üzere 16 adet sismik anakaya mostrası kaydı belirlenmiş ve bu kayıtlar pik spektral yer ivme değerleri 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g ve 0.4 g olacak şekilde ölçeklendirilmiştir. Deprem kayıtlarının TBDY 2018'e göre ZB yerel zemin sınıfına dahil olan mühendislik taban kayasından etkilenmesi ile yapılan bir boyutlu (1D) yerel saha davranışı analizlerinde her bir zemin modeli jeolojik yük artışını yansıtacak şekilde alt tabakalara ayrılmıştır. Zemin modellerine ait kayma dalgası hızları TBDY 2018'e göre kum ve kil zeminler ile oluşturulan zemin modelleri için yerel zemin sınıfı ZC, ZD ve ZE olacak şekilde belirlenmiştir. Frekans tanım alanında eşdeğer doğrusal ve zaman tanım alanında doğrusal olmayan analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda her zemin modeline ait yüzey tepki spektrumları ve hakim periyot aralıkları, en büyük spektral zemin büyütmesi değerleri, deplasman ve şekil değiştirme değerlerinin derinlik ile değişimleri elde edilmiş, sonuçlar geoteknik mühendisliği açısından değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yerel zemin koşulları, bir boyutlu (1D) dinamik analiz, zemin büyütmesi

### The effect of earthquake and soil properties on one dimensional dynamic behavior

#### Abstract

Seismic waves that occur during an earthquake are affected by the properties of the soil layers that carry the motion to the surface as well as the source properties. Local site behavior analyzes are carried out in order to determine the behavior of the soil layers during an earthquake. In addition, effects on the surface and engineering structures are predicted as a result of the earthquake along with local field behavior analysis. In this study, in order to examine the effect of earthquake and soil properties, one dimensional dynamic analyzes were made on the soil models created with the soil classes defined in TBDY 2018. Within the scope of the study, the soil models were selected as layers of clay and sand with a thickness of 30 meters on the bedrock at the base. 16 seismic bedrock outcrop records were determined to be used in the analysis and these records were scaled with PGA values of 0.1 g, 0.2 g, 0.3 g and 0.4 g. In the one dimensional (1D) dynamic analyzes made by affecting earthquake records from the bedrock, which is included in the ZB local soil class according to TBDY 2018, each soil model is divided into sublayers to reflect the effective stress increase. The shear wave velocities of the soil models are determined according to TBDY 2018 as local soil classes ZC, ZD and ZE for soil models created with sand and clay soils. Equivalent linear analysis in the frequency domain and nonlinear analyzes in the time domain are performed. As a result of the analyzes, surface response spectra and dominant period intervals, maximum spectral soil amplification values, displacement and strain values with depth of each soil model were obtained, and the results were evaluated in terms of geotechnical engineering.

**Keywords:** Local soil conditions, one dimensional (1D) dynamic analysis, soil amplification

## 1. GİRİŞ

Mühendislik tasarımları gerçekleştirilirken yapıların oturtulacağı zemin tabakalarının geoteknik özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir. Zemin tabakalarının statik yüklemeler altındaki davranışının klasik zemin mekaniği ile büyük oranda çözülmüş olmasının yanı sıra tasarımlar için zeminlerin dinamik davranış özelliklerinin de bilinmesi önem arz eder. Dinamik yüklemeler altında oluşan sismik dalgalar zemin tabakalarının rijitliğini azaltmaktadır. Buna karşılık deprem dalgaları yüzeye yakın zemin tabakalarından geçerken genlikleri artmaktadır ve bu durum zemin büyütmesi olarak tanımlanır (İyisan & Haşal, 2006). Özellikle deprem gibi dinamik yüklemeler altında zemin tabakalarının davranışı ile birlikte zeminlerde oluşacak deplasman ve deformasyonların yanında mühendislik yapılarında zemin büyütme etkisiyle oluşacak hasarların saptanarak tasarımlarda kullanılması amacıyla serbest saha davranışı analizleri yapılmaktadır. 3 farklı boyutta; doğrusal, doğrusal olmayan ve eşdeğer doğrusal yöntemler kullanılarak gerçekleştirilebilen serbest saha davranışı analizleri sonucunda zemin büyütme, tepki spektrumları ve zemin tabakalarında oluşacak deplasmanlar ile deformasyonlar hesaplanabilmektedir.

Bu çalışmada yerel zemin koşullarının ve deprem özelliklerinin zeminlerin dinamik davranışı üzerindeki etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Bu amaçla 16 adet ölçeklendirilmiş deprem ivme kaydı ile 8 adet zemin modeli kullanılarak bir boyutlu yerel saha tepki analizleri gerçekleştirilmiştir.

## 2. ANALİZLERDE KULLANILAN ZEMİN MODELLERİ

Çalışmada 8 adet zemin modeli kullanılmıştır. TBDY (2018) kapsamında zeminlerin 30 m kalınlıktaki kayma dalgası hızı değerleri esas alınarak oluşturulan zemin modellerinde yerel zemin sınıfının ZB, ZC, ZD ve ZE olduğu ikişer adet zemin modeli bulunmaktadır. Zemin modelleri 3 adet kum, 3 adet kil ve 2 adet kaya tabakasından oluşmakta ve 30 m derinlikte anakaya tabakası bulunmaktadır. 30 m kalınlığındaki tabakalara ait parametreler Tablo 1’de gösterilmiştir. Yerel zemin sınıfı ZC olan ZM1 ve ZM4 için kayma dalgası hızı değeri 760 m/s ve 360 m/s değerlerinin ortalaması olan 560 m/s; yerel zemin sınıfının ZD olduğu ZM2 ve ZM5 için kayma dalgası hızı değerleri 360 m/s ve 180 m/s değerlerinin ortalaması olan 270 m/s olarak belirlenmiştir. Yerel zemin sınıfının ZE olduğu modeller için kayma dalgası hızı değerleri TBDY kapsamında üst sınır olan 180 m/s değerine yakın olarak 150 m/s, yerel zemin sınıfının ZB olduğu modeller için alt sınır olan 760 m/s değerine yakın olacak şekilde 810 m/s olarak seçilmiştir.

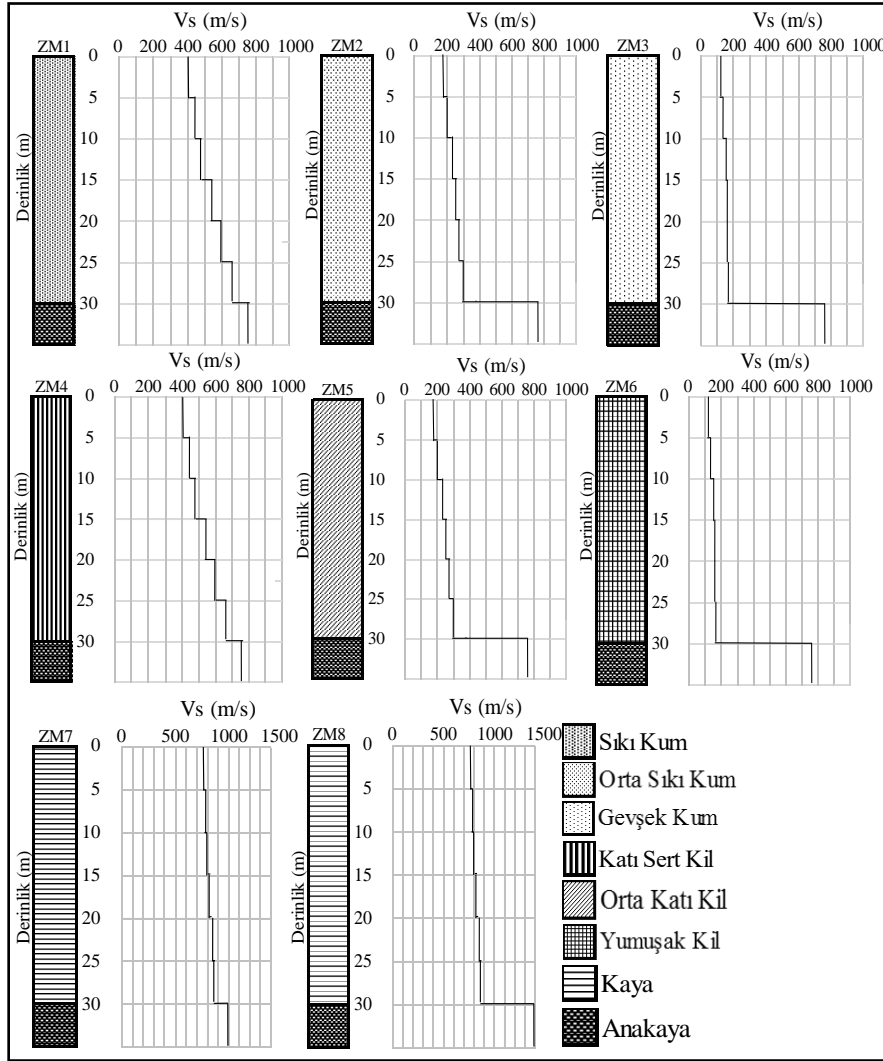
**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan zemin modelleri ve model parametreleri.

Model No	Zemin Cinsi	Yerel Zemin Sınıfı	H (m)	V <sub>s</sub> (m/s)	γ (kN/m <sup>3</sup> )	Zemin Hakim Periyodu (T <sub>0</sub> ) (s)	Empedans Oranı (α)
ZM1	KUM	ZC	30	560	19.0	0.21	1.57
ZM2	KUM	ZD	30	270	19.0	0.44	3.26
ZM3	KUM	ZE	30	150	18.0	0.80	6.19
ZM4	KİL	ZC	30	560	19.0	0.21	1.57
ZM5	KİL	ZD	30	270	19.0	0.44	3.26
ZM6	KİL	ZE	30	150	18.0	0.80	6.19
ZM7	KAYA	ZB	30	810	20.0	0.15	1.36
ZM8	KAYA	ZB	30	810	20.0	0.15	2.04

Anakaya ve zemin tabakaları arasındaki kayma dalgası hızı ve yoğunluk değişimini tanımlamakta kullanılan empedans oranı zemin büyütmesinin belirlenmesinde kullanılan önemli bir parametredir (Assimaki ve diğ., 2005). Tablo 1’de gösterilen zemin hakim periyodu ( $T_0=4H/V_s$ ) ve empedans oranları ( $\alpha=\rho_r V_r/\rho_s V_s$ ) hesaplanırken  $\rho_r$  ve  $V_r$  anakayanın yoğunluğunu ve kayma dalgası hızını,  $\rho_s$  ve  $V_s$  ise zemin tabakasının yoğunluğu ( $\gamma/g$ ) ve kayma dalgası hızını göstermektedir.

Çalışma kapsamında belirlenen zemin modelleri Deepsoil V6.1 (Hashash ve diğ., 2016) yazılımına jeolojik yükün daha doğru yansıtılması ve kayma dalgası hızı değişiminin daha ayrıntılı gösterilmesi amacıyla alt tabakalara ayrılarak tanıtılmıştır. Alt tabakalara ayrılan zemin modelleri Şekil 1’de gösterilmiştir.



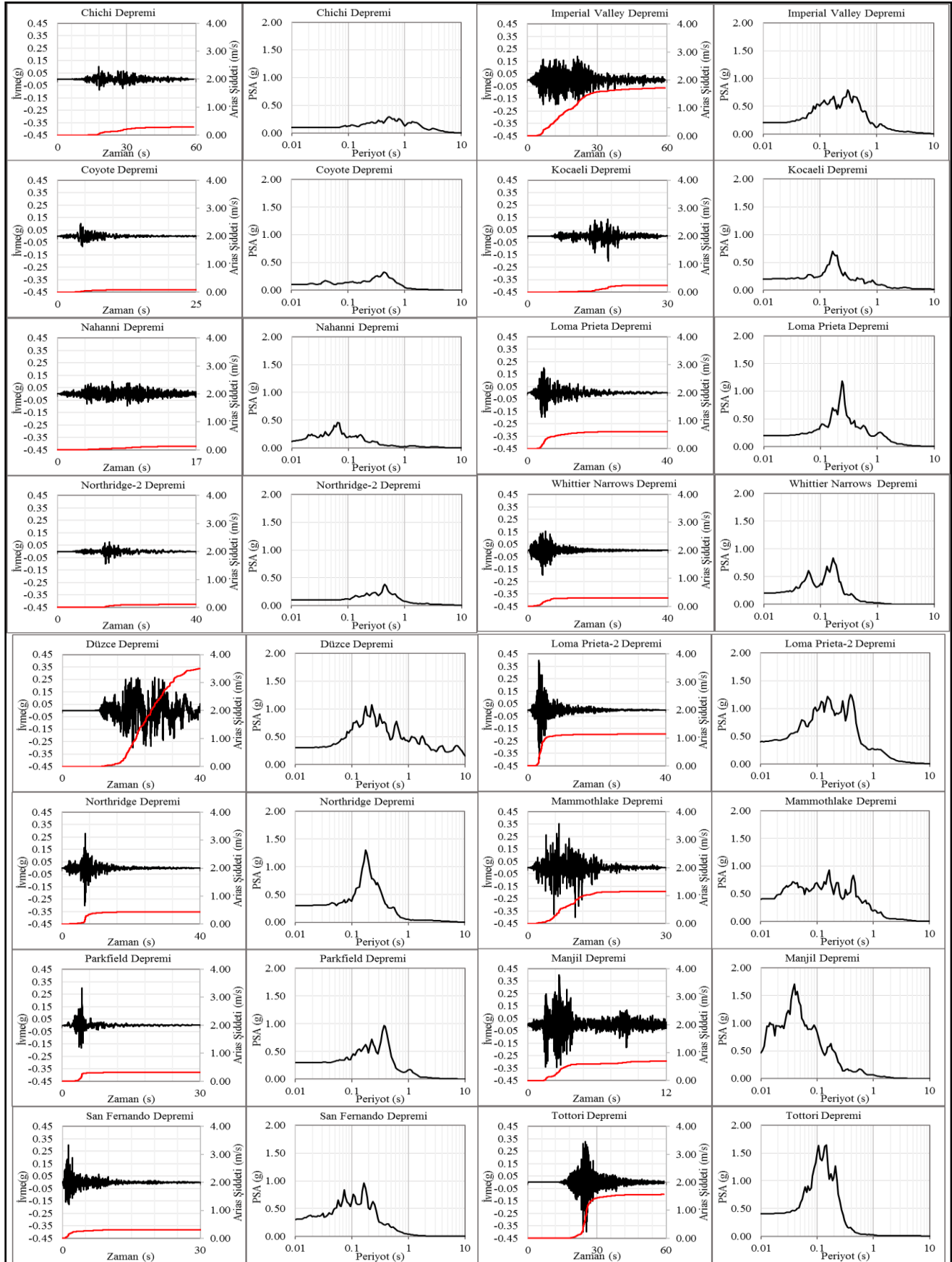


Şekil 1. Çalışmada kullanılan zemin modelleri.

Yerel zemin sınıfının ZC, ZD ve ZE olduğu zemin modelleri kil ve kumlardan oluşmaktadır. Kil ve kum zeminler için dinamik analizlerde en büyük fark plastisite indisidir. Çalışma kapsamında kullanılan ve kil ile oluşturulan zemin modellerinde katı sert kil, orta katı kil ve yumuşak kil; kum ile oluşturulan zemin modellerinde ise sıkı kum, orta sıkı kum ve gevşek kum zeminler düşünülerek kayma dalgası hızları belirlenmiştir. Killer için plastisite indisi değerleri sırasıyla %5, %15 ve %40 olarak seçilmiştir. Kumlar için için rölatif sıklık ( $D_r$ ) değeri sırasıyla %70, %40 ve %25 olarak seçilmiştir. Zemin modelleri için elastik anakayaya ait kayma dalgası hızı değerleri kum ve kil zeminler ile oluşturulan ZM1, ZM2, ZM3, ZM4, ZM5 ve ZM6 için 760 m/s; ZM7 ve ZM8 için sırasıyla 1000 m/s ve 1500 m/s olarak kullanılmıştır.

### 3. ANALİZLERDE KULLANILAN DEPREM İVME KAYITLARI

Bu çalışmada belirlenen 16 adet anakaya mostrası ivme kaydı kullanılarak tek boyutlu yerel saha davranışı analizleri yapılmıştır. Kullanılan 16 deprem ivme kaydı maksimum yer ivmesi (PGA) değerleri kapsamında ölçeklendirilerek dörderli olarak gruplandırılmıştır. Analizlerde kullanılan ölçeklendirilmiş anakaya mostrası kayıtlarına ait ivme zaman kayıtları, Arias şiddeti değişimi ve spektral ivmelerin periyotlara bağlı değişimleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Arias şiddeti değeri depremlere ait birçok özelliği yansıttığı için maksimum yer ivmesi değerlerinin yanında zemin tabakalarında herhangi bir depreme ait hasarın öngörülebilmesinde tercih edilmektedir. Özellikle deprem ivme kayıtlarında maksimum yer ivmesi değerinin birden farklı sürelerde olması durumunda bu değer yorumlama açısından tercih edilmektedir (Ulamış, 2019).



Şekil 2. Deprem kayıtlarına ait ivme-zaman, Arias şiddeti-zaman grafikleri ve ivme spektrumları.

0.1 g, 0.2 g, 0.3 g ve 0.4 g PGA değerlerine sahip olacak şekilde ölçeklendirilen deprem ivme kayıtlarında PGA değerinin en yakın olduğu değere ölçeklendirilmesi esas alınmıştır. Analizlerde kullanılan deprem ivme kayıtlarına ait parametreler Tablo 2’de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Çalışmada kullanılan deprem kayıtlarına ait parametreler.

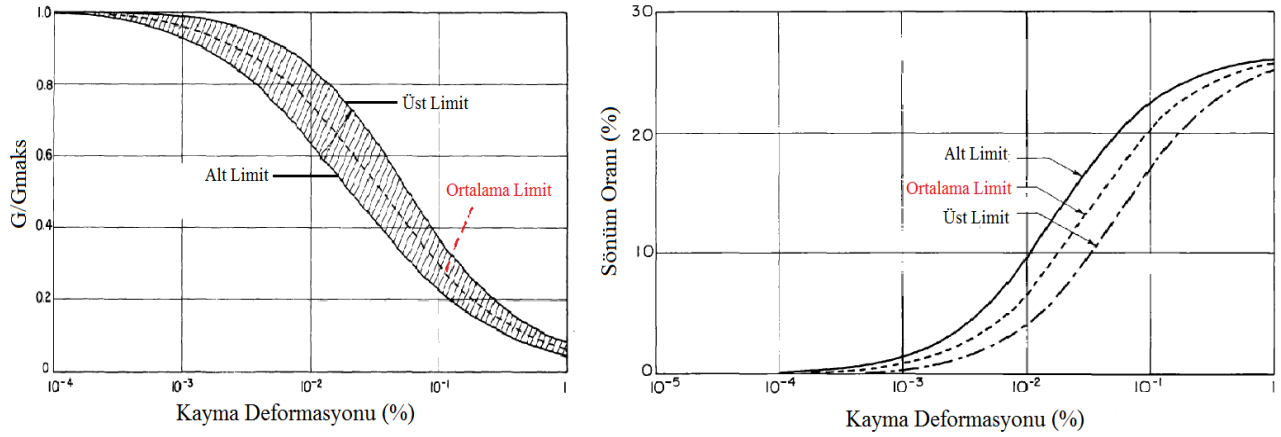
#	Deprem No	Deprem Adı	Büyükölük (Mw)	PGA (g)	PGV (m/s)	Faya uzaklık (km)	Deprem Hakim Periyotları (s)
1	D1.1	Chichi, 1999, Tayvan	7.6	0.1	0.22	15.3	0.50
2	D1.2	Coyote, 1979, ABD	5.7	0.1	0.06	17.2	0.45
3	D1.3	Nahanni, 1985, Kanada	6.8	0.1	0.04	16.0	0.07
4	D1.4	Northridge-2, 1994, ABD	6.7	0.1	0.09	43.4	0.45
5	D2.1	Imperial Valley, 1979, ABD	6.5	0.2	0.14	26.5	0.30
6	D2.2	Kocaeli, 1999, Türkiye	7.4	0.2	0.16	17.0	0.15
7	D2.3	Loma Prieta, 1989, ABD	6.9	0.2	0.17	19.9	0.25
8	D2.4	Whittier Narrows, 1987, ABD	6.0	0.2	0.05	21.2	0.15
9	D3.1	Düzce, 1999, Türkiye	7.1	0.3	1.17	25.8	0.20
10	D3.2	Northridge, 1994, ABD	6.7	0.3	0.14	26.8	0.20
11	D3.3	Parkfield, 1966, ABD	6.1	0.3	0.18	9.9	0.40
12	D3.4	San Fernando, 1971, ABD	6.6	0.3	0.08	13.0	0.15
13	D4.1	Loma Prieta-2, 1989, ABD	6.9	0.4	0.32	11.6	0.40
14	D4.2	Mammothlake, 1980, ABD	6.3	0.4	0.22	15.5	0.15
15	D4.3	Manjil, 1990, İran	7.4	0.4	0.08	19.0	0.04
16	D4.4	Tottori, 2000, Japonya	6.6	0.4	0.09	13.0	0.10

Tablo 2’de belirtilen deprem numaralarında ilk rakam ölçeklendirilmiş deprem ivme kaydının dahil olduğu grubu, ikinci rakam grup içerisindeki deprem numarasını göstermektedir. Ölçeklendirilmiş 16 adet deprem ivme kaydı ve TBDY esas alınarak oluşturulmuş 8 adet zemin modeli kullanılarak gerçekleştirilen eşdeğer doğrusal ve doğrusal olmayan bir boyutlu dinamik analizlerin yanı sıra alt tabaka kalınlığının etkilerinin incelendiği analizler ve ölçeklendirilmemiş deprem kayıtları kullanılarak bir boyutlu serbest saha davranışı analizleri gerçekleştirilmiştir.

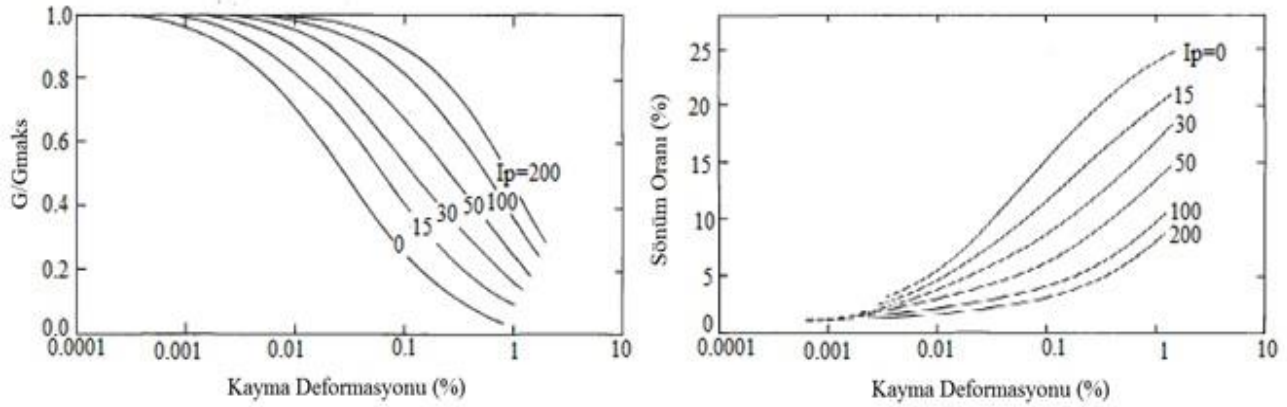
#### 4. TEK BOYUTLU DİNAMİK ANALİZLER

Yapılan analizlerde Tablo 1’de de belirtildiği üzere 3 adet kum zemin, 3 adet kil zemin ve 2 adet kaya ile oluşturulan zemin modeli bulunmaktadır. Bir boyutlu dinamik saha davranışı analizleri yapılırken eşdeğer doğrusal analizlerde de doğrusal olmayan analizlerde de dinamik zemin parametreleri olarak kayma dalgası hızı değerlerinin yanında rijitlik ve sönüm oranı azalım eğrileri kullanılmaktadır. Sıkı, orta sıkı ve gevşek olarak belirlenen kum zeminler ve kaya için azalım ilişkileri Şekil 3’te gösterildiği üzere Seed ve Idriss (1970) tarafından oluşturulan azalım eğrileri ile tanımlanmıştır. Seed ve Idriss tarafından oluşturulan azalım eğrileri 3 farklı durumu içermektedir. Kayma dalgası hızı TBDY kapsamında ZE yerel zemin sınıfına dahil olan tabakalar için “Alt Limit” ile oluşturulan eğriler, ZD yerel zemin sınıfına dahil olan tabakalar için “Ortalama Limit” ile oluşturulan eğriler, ZC ve ZB yerel zemin sınıfına dahil olan tabakalar için “Üst Limit” ile oluşturulan eğriler kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında kil zeminler ile oluşturulan zemin modellerinde her yerel zemin sınıfı için farklı plastisite indisi belirlenmiştir. Bununla birlikte Şekil 4’te gösterilen ve bu çalışma kapsamında kil zeminler için kullanılan azalım eğrileri Vucetic ve Dobry (1991) tarafından oluşturulmuştur. Vucetic ve Dobry yaptığı çalışmada azalım ilişkilerini plastisite indisine bağlı olarak hesaplamıştır.



Şekil 3. Rijitlik azalım ve sönüm oranı eğrileri (Seed ve Idriss, 1970).

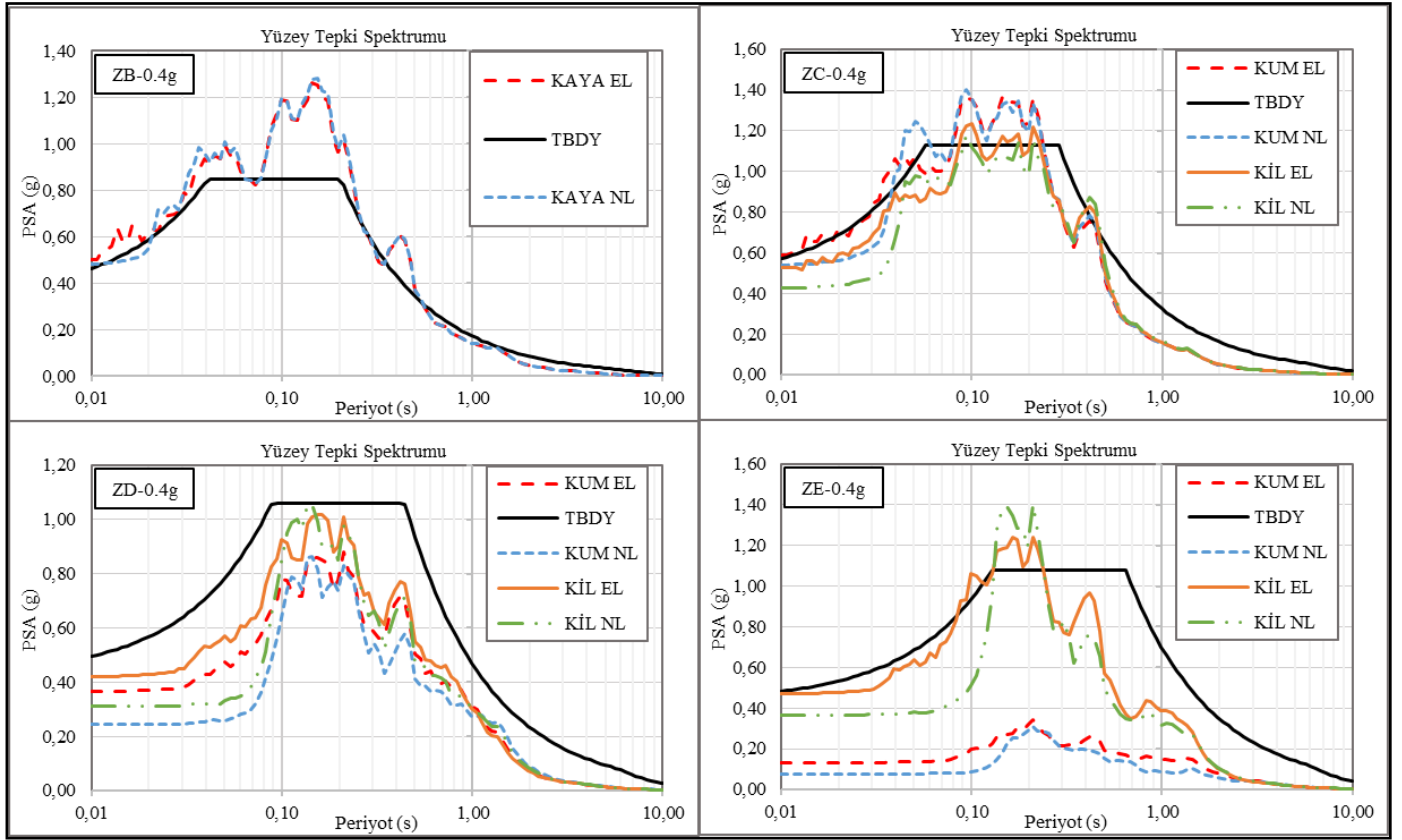


Şekil 4. Rijitlik azalım ve sönüm oranı eğrileri (Vucetic ve Dobry, 1991).

Çalışma kapsamında ölçeklendirilmiş deprem ivme kayıtları ve TBDY esas alınarak oluşturulan zemin modelleri kullanılarak 1 boyutlu eşdeğer doğrusal ve doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler sonucunda yüzey tepki spektrumları, spektral zemin büyütmesi değerleri ve zemin tabakalarında oluşan deplasman ve şekil değiştirmelerin derinlikle değişimleri elde edilmiştir.

## 5. ANALİZ SONUÇLARI

Yapılan analizler sonucunda elde edilen yüzey tepki spektrumları TBDY kapsamında belirlenen tasarım spektrumları ile kıyaslanmıştır. Konya ili sınırları içerisinde bulunan 38.148755° enlemde, 31.689302° boylamda yer alan ve maksimum yer ivmesi 0.4 g olan noktadan DD-2 deprem yer hareketi için alınan tepki spektrumları ile eşdeğer doğrusal ve doğrusal olmayan analizler ile elde edilen yüzey tepki spektrumları karşılaştırılmıştır. Şekil 5'te 0.4 g PGA değerine sahip noktadan alınan tasarım spektrumları ile gerçekleştirilen analizler sonucunda elde edilen yüzey tepki spektrumlarının ZB, ZC, ZD ve ZE yerel zemin sınıflarına göre karşılaştırılması gösterilmiştir. 0.4 g değeri için tasarım spektrumları ile analizler sonucunda elde edilen spektrumların genel olarak benzediği görülmektedir. Fakat yerel zemin sınıfının ZE olduğu kum zeminler ile gerçekleştirilen eşdeğer doğrusal ve doğrusal olmayan analizler sonucunda elde edilen yüzey tepki spektrumlarında deprem yönetmeliği ile belirlenen tasarım spektrumlarından daha düşük spektral ivme değerleri elde edilmiştir. Spektrumlara ait hakim periyot aralığının benzer olduğu bu karşılaştırmada eşdeğer doğrusal analizlerin doğrusal olmayan analizlere göre daha yüksek spektral ivme değerleri verdiği de görülmektedir. Yerel zemin sınıfının ZE olduğu kum zeminlerde eşdeğer doğrusal veya doğrusal olmayan analizler gerçekleştirilerek yüzeyde oluşacak spektral ivmelerin ve hakim periyotların daha doğru saptanması sağlanabilir. Böylece üstyapı tasarımları yapılırken güvenlik ve ekonomik şartlar iyileştirilebilir.



Şekil 5. 0.4 g PGA değeri için analiz sonuçları ile TBDY 2018'e göre belirlenen spektrumun karşılaştırılması.

## 6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada yerel zemin koşullarının ve deprem özelliklerinin tek boyutlu dinamik davranış üzerindeki etkilerini görebilmek amacıyla farklı maksimum yer ivmesi değerlerine ölçeklendirilmiş 16 adet anakaya mostrası kuvvetli yer hareketi ivme kaydı ile yerel zemin sınıfının ve zemin çeşidinin farklı olduğu 8 zemin modeli kullanılarak eşdeğer doğrusal ve doğrusal olmayan bir boyutlu dinamik analizler gerçekleştirilmiştir.

Yüzey tepki spektrumlarının TBDY ile karşılaştırılması haricinde gerçekleştirilen 1 boyutlu dinamik analizler sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- Yüzeydeki en büyük deplasmanlar ortalama olarak 0.1 g PGA değerine sahip D1 grubu depremler için 2.7 cm, 0.2 g PGA değerine sahip D2 grubu depremler için 2.9 cm, PGA değeri 0.3 g olan D3 grubu depremler için 1.8 cm, 0.4 g değerine sahip D4 grubu depremler için 4.3 cm olarak hesaplanmıştır. Eşdeğer doğrusal analiz sonuçları ile doğrusal olmayan analiz sonuçları deprem kayıtlarına ait maksimum yer ivmesi değerleri açısından değerlendirildiğinde yüzeyde oluşan deplasmanların maksimum yer ivmesi arttıkça artış gösterdiği söylenebilir.
- Benzer bir değerlendirme şekil değiştirme değerleri için yapıldığında minimum şekil değiştirmeler tüm gruplar için %0.01 ile ortak olurken maksimum şekil değiştirmeler eşdeğer doğrusal analiz sonuçlarında D1 için %0.14, D2 için %0.18, D3 için %0.13 ve D4 için %0.29 olarak bulunmuştur. Bu değerler doğrusal olmayan analizler sonucunda sırasıyla %0.20, %0.24, %0.16 ve %0.38 olmaktadır. Depreme ait PGA değerinin artışı şekil değiştirme değerlerini artırırken doğrusal olmayan analiz yapılması da şekil değiştirmeyi arttırmaktadır.
- Yerel zemin sınıfının ve zemin türünün bir boyutlu dinamik davranışa olan etkileri incelendiğinde kaya ile oluşturulan modellerde spektral zemin büyütme oranları 1.4 ile 1.8 arasında, bu büyütme oranlarının hesaplandığı periyotlar 0.1 s ile 0.2 s arasında değişmektedir. Sıkı kum, orta sıkı kum, katı kil ve orta katı

kil zeminler kullanılarak oluşturulan ve yerel zemin sınıfının ZC ve ZD olduğu modellerde spektral zemin büyütme sınırlarıyla 1.6 ile 1.8 ve 2.0 ile 2.6 arasında, büyütme sınırları 0.2 s ile 0.3 s arasında ve 0.6 s ve 0.8 s arasında değişmektedir. Bu modellerde zemin türünün belirgin bir etkisi görülmemekle birlikte zemin sınıfı kötüleştikçe büyütme sınırları ve periyot değerlerinin yükseldiği görülmektedir. Yerel zemin sınıfının ZE olduğu durumda zemin türünün farklılığı ortaya çıkmaktadır. Gevşek kumlarda spektral zemin büyütme sınırları 1.8 ile 2.2 aralığında yumuşak killerde ise 2.9 ile 3.3 arasında değişmektedir. Bu değerlerin hesaplandığı periyotlar diğer zemin sınıflarına göre daha yüksek değerlerde olurken kumlara ait değerler 1.2 s ve 1.7 s arasında değişerek killere ait 0.9 s ile 1.0 s aralığının üzerinde kalmaktadır.

Yapılan çalışmada yerel zemin özelliklerinin, zemin türünün, maksimum yer ivmesinin ve anakaya derinliğinin zeminlerin dinamik davranışına olan etkileri ölçeklendirilen 16 kuvvetli yer hareketi ivme kaydı ve TBDY esas alınarak oluşturulan 8 zemin modeli kullanılarak bir boyutlu saha tepki analizleri gerçekleştirilmesi ile incelenmiştir. Analizlerin 1 boyutlu olarak gerçekleştirilmiş olması yamaçlarda, ova ve vadi geometrilerinde; ayrıca anakaya derinliğinin yüksek olmaması derin zemin profillerinde bu çalışmaya ait verilerden yararlanılmasını kısıtlamaktadır. Topoğrafik etkiler ve sınır koşulları dikkate alınarak daha fazla zemin modeli oluşturması ile 2 veya 3 boyutlu dinamik analizler gerçekleştirilmesi halinde bu çalışmaya ait sonuçlar geliştirilmeye açıktır.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, 218M959 numaralı proje kapsamında TÜBİTAK tarafından çalışmaya yapılan mali destekten dolayı ilgili kuruma teşekkürlerini sunmaktadırlar.

## KAYNAKLAR

- Assimaki, D., Gazetas, G., & Kausel, E. (2005). Effects of Local Soil Conditions on the Topographic Aggravation of Seismic Motion: Parametric Investigation and Recorded Field Evidence from the 1999 Athens Earthquake. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 95, 1059–1089. <https://doi.org/10.1785/0120040055>
- Hashash, Y. M. A., Musgrove, M. I., Harmon, J. A., Groholski, D. R., Phillips, C. A., & Park, D. (2016). “DEEPSOIL 6.1, User Manual.”
- İyisan, R., & Haşal, M. E. (2006). Farklı Deprem Hareketinin ve Yerel Zemin Sınıfının Dinamik Davranışa Etkisi. *Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onbirinci Ulusal Kongresi, Trabzon*, 133–142.
- Subasi, O., Hasal, M. E., Ozaslan, B., İyisan, R., Yamanaka, H., and Chimoto, K., (2019) “Comparison of One Dimensional Dynamic Analysis and Microtremor Measurement Results.” *Teknik Dergi* 30 (5): 9459–81. <https://doi.org/10.18400/tekderg.399710>.
- Seed, H. B., & Idriss, I. M. (1970). *Soil Moduli and Damping Factors for Dynamic Response Analyses* [Report No. EERC 70-10]. December, 41.
- TBDY. (2018). *Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği*. Resmi Gazete.
- Ulaş, K. (2019). Ankara çevresi için Arias şiddetinin incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(6), 768–774. <https://doi.org/10.5505/pajes.2018.07992>
- Vucetic, M., & Dobry, R. (1991). Effect of Soil Plasticity on Cyclic Response. *Journal of Geotechnical Engineering*, 117(1), 89–107.

## Çift yönlü şekil hafızalı alaşımların eğitim metotları

Sedat Güven<sup>1\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-8891-5421>), Metehan Yılmaz<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-3804-9833>), Abdullah Uğur<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-3495-529X>), Hasan Gökkaya<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-7103-0616>)

<sup>1</sup>Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük, Türkiye

<sup>2</sup>Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: sedattguven@gmail.com

### Özet

Fiziksel dış etkenler karşısında makro düzeyde tepkiler üretebilen Şekil Hafızalı Alaşımlar (SHA), havacılık, uzay ve otomotiv sektöründe, biyomedikal alanında kullanımları gün geçtikçe artan akıllı malzemelerdir. Dış etkenler karşısında genel malzeme tepkileri kontrol dışı gerçekleştirilirken, şekil hafızalı alaşımların eğitilmesiyle kontrolsüz dış etkilere, kontrollü tepkiler verilebilmektedir. Alaşımların eğitilmesi işlemi, düşük sıcaklık (martenzit) ve yüksek sıcaklık (östenit) fazlarında malzemeye iki farklı (çift yönlü) şekil kazandırılması prensibine dayanmaktadır. Çift yönlü şekil kazandırmaya yönelik yapılan bilimsel çalışmalarda araştırmacılar, termomekanik döngüler, martenzit yapıda deformasyonlar ve tekrarlanan ısı işlemler ile farklı eğitim metotları geliştirmişlerdir. Araştırmacılar tarafından optimum eğitim prosedürünü oluşturmaya yönelik geliştirilen metotlarda, alaşımlara uygulanan gerilme değerlerinin, çevrim sayılarının, ısı işlem sıcaklıkları ve ısı işlemde bekletilme sürelerinin maksimum geri kazanım değerlerine etkisi incelenmiştir. Literatürdeki çalışmalar karşılaştırıldığında, optimum eğitimin termomekanik döngüler metodu ile gerçekleştiği ve diğer metotlara kıyasla daha iyi geri kazanım değerleri elde edildiği gözlemlenmiştir. Araştırmacılar, termomekanik döngü sayısındaki artışın martenzit ve östenit faz sıcaklıklarında önemli değişimlere sebebiyet verdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, eğitilme işlemi öncesinde çözeltiyeye alma ve yaşlandırma işlemlerinin, alaşımların eğitilmesinde sonuçları doğrudan etkilediği belirtilmiştir. Bu çalışmada, farklı metotlar ile elde edilen çift yönlü şekil hafıza alaşımlarının eğitimleri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Şekil hafızalı alaşımlar, çift yönlü şekil hafızalı alaşımlar, termomekanik eğitim metotları.

### Training methods of two-way shape memory alloys

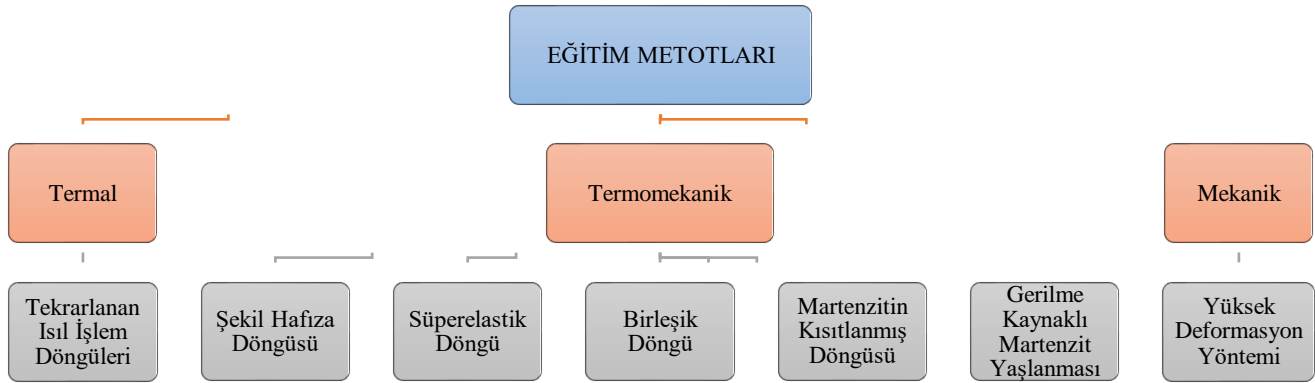
#### Abstract

Shape Memory Alloys (SMAs), which can produce macro-level reactions against physical external factors, are smart materials whose use is increasing day by day in the aviation, space and automotive industry, biomedical field. While general material reactions against external factors are performed out of control, controlled reactions can be given to uncontrolled external effects by training shape memory alloys. The process of training alloys is based on the principle of imparting two different (two-way) shapes to the material in low temperature (martensite) and high temperature (austenite) phases. In the scientific studies aimed at providing Two-way shape, researchers have developed different training methods with thermomechanical loops, martensite deformations and repeated heat treatments. In methods developed by the researchers to create optimal training procedure, the maximum recovery of the strain values applied to alloys, cycle numbers, thermal processing temperatures and retention times in heat treatment the effect of the values of the values has been examined. Compared to the studies in the literature, it was observed that optimum training was carried out by thermomechanical cycles method and better recovery values were obtained compared to other methods. The researchers stated that the increase in the number of thermomechanical cycles caused a decrease in the transition temperatures of the martensite and austenite phases. In addition, it is stated that the process of taking and aging before training directly affects the results in the training of alloys. It is also stated that the solution and aging processes prior to the training process directly affect the results in the training of the alloys. In this study, the training of Two-way shape memory alloys obtained by different methods were investigated.

**Keywords:** Shape memory alloys, two-way shape memory alloys, thermomechanical training methods.

## 1. GİRİŞ

Çift yönlü Şekil Hafıza Etkisi (ŞHE), hem östenit (kısmen yüksek sıcaklık) fazında hemde martenzit (kısmen düşük sıcaklık) fazında Şekil Hafızalı Alaşımların (ŞHA) iki farklı şeklinin olması durumudur ve iki farklı şekil arasındaki değişim yalnızca sıcaklığa bağlıdır. Sıcaklığa bağlı meydana gelen makro değişimler, ŞHA'ların martenzit ve östenit fazları arasındaki katı-katı difüzyonsuz faz dönüşümleri sonucunda meydana gelmektedir. Bu durum dört farklı dönüşüm sıcaklığı ile karakterize edilmektedir; martenzit bitiş sıcaklığı ( $M_f$ ), martenzit başlangıç sıcaklığı ( $M_s$ ), östenit başlangıç sıcaklığı ( $A_s$ ) ve östenit bitiş sıcaklığı ( $A_f$ ) (Luo ve Abel, 2007). Martenzit ve östenit fazlarında gerçekleşen iki farklı şekil değişimi ŞHA'ların doğal bir özelliği değildir. Aksine, eğitim yöntemleriyle elde edilmiş davranışlardır. ŞHA'ların bir şekle sınırlanması, ardından ısı işlemin uygulanmasıyla numunelere öncelikle tek yönlü ŞHE kazandırılması gerekmektedir (Dilibal, 2005). Tek yönlü ŞHE kazandırılmış ŞHA'larda çift yönlü ŞHE oluşturma süreci uygun ısı işlemlerin uygulanması ile başlamaktadır (Huang ve Toh, 2000). Sıcaklık, gerilme veya her ikisinin birlikte uygulandığı termomekanik işlemler ile ŞHA'lara çift yönlü ŞHE kazandırılmaktadır. Şekil 1'de çift yönlü ŞHE elde etmeye yönelik geliştirilen farklı eğitim metotları (mekanik, termomekanik ve termal) tablo halinde verilmiştir.



Şekil 1. Çift yönlü ŞHA'ların eğitim metotları.

Mekanik işlemlerle tek deformasyonda tekrarlanan döngülere ihtiyaç duyulmaksızın çift yönlü ŞHE elde edilebilirken (Wang ve ark., 2005), kararlılık-stabilite açısından genellikle termomekanik eğitim metotları tercih edilmektedir (Shakeri ve ark., 2009). Termal eğitimde ise mekanik kuvvetlere ihtiyaç duyulmaksızın çift yönlü ŞHE'nin oluşabilmesi söz konusudur. Termal eğitimlerde ŞHE'nin stabilize edilmesi için işlemin diğer yöntemlere göre (mekanik ve termomekanik) daha fazla tekrarlanması gerekmektedir (Huang ve Goh, 2001).

Optimum eğitim yöntemini belirlemek için önemli kriterler, maksimum çift yönlü geri kazanılabilir gerinim değeri, esas şekilde (tek yönlü ŞHE) minimum değişiklik ve eğitim süreci sonrasında martenzit ile östenit dönüşüm sıcaklıklarında minimum değişikliklerdir (Luo ve Abel, 2007). Bu doğrultuda, eğitimlerdeki; döngü sayısı (Kim, 2004), uygulanan sıcaklık (Li ve ark., 2016) ve gerilmenin büyüklüğü (Shakeri ve ark., 2009), dislokasyonlar tarafından oluşan iç stres alanları (Wang ve ark., 2002), martenzit varyantlarının yeniden oryantasyonu (Scherngell ve Kneissl, 1998), alaşım bileşimi, çözelti konsantrasyonu (yoğunluğu) ve çökelmiş partiküller (Ryklina ve ark., 2006) maksimum çift yönlü ŞHE elde edilebilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu çalışmada; çift yönlü ŞHA'ların eğitilmelerinde farklı eğitim yöntemleri araştırılarak optimum eğitim yöntemini belirleyebilmek açısından detaylı bilgiler ele alınmıştır.

## 2. TERMAL EĞİTİM METOTLARI

### Tekrarlanan Isıl İşlem Döngüleri

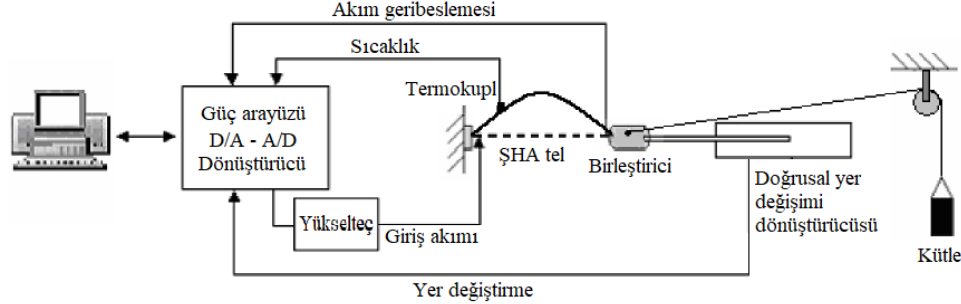
Termal eğitim metodu, tek yönlü ŞHE elde etmeye yönelik uygulanmış ısı işlemlerin üzerine ikinci bir ısı işlem uygulanma prosedürünü içermektedir. İkinci ısı işlem, ilk ısı işlemde bekletilme süresi ve sabitlenen şekilden farklı olmalıdır (Luo ve Abel, 2007). İkinci ısı işlem ile birlikte ŞHA'lar çift yönlü ŞHE sergileyebilmekte, fakat tek ve çift yönlü ŞHE'nin kararlılığı açısından ikinci ısı işlem prosedürü tekrarlanmalıdır. Bu şekilde ŞHA'lara tekrarlanan ısı işlem döngüleriyle çift yönlü ŞHE kazandırılmaktadır (Huang ve Toh, 2000).



ŞHA'lar bu eğitim metodu ile belli bir çap ya da uzunlukta tutucular ile sabitlenmektedir. Ardından numunelerin 400-600 °C sıcaklık aralıklarında, 10-60 dakika bekletilme süreleriyle tekrarlanan ısıl işlem döngüleri gerçekleştirilmektedir. Her bir döngü numunelerin soğutulması (martenzit faz durumuna geçiş) ve ısıtılması (östenit faz durumuna geçiş) işlemini kapsamaktadır. İlk tekrarlanan ısıl işlem döngülerinde ŞHA'lar büyük oranda tek yönlü şekillerini hatırlama eğilimindedir (Huang ve Toh, 2000). Döngü sayılarının artmasıyla (yaklaşık 100 döngü) çift yönlü ŞHE'nin stabilize edilmesi sağlanmaktadır. Çift yönlü ŞHE'nin stabilizasyonu sonrası tekrarlanan ısıl işlem döngüleri uzun vadeli stabilite açısından olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir (Huang ve Goh, 2001).

### 3. TERMOMEKANİK EĞİTİM METOTLARI

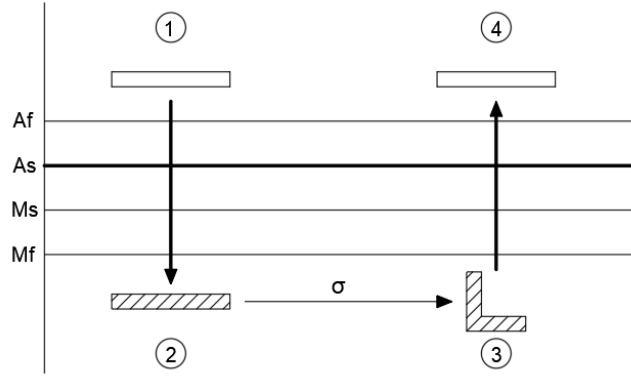
Termomekanik eğitim, belli gerilme aralıklarında mekanik yüklerin uygulanması ile östenitten tercihen yönlendirilmiş martenzite veya deforme olmuş martenzitten östenite dönüşümü içeren döngülerin tekrarına dayanmaktadır. Döngülerin gerçekleşmesi sırasında ana faz yapısına anizotropik bir dislokasyon yapısı dahil olmaktadır. Bu dislokasyon yapısı, eğitim prosedürünü benimseyen tercihli olarak yönlendirilmiş martenzit varyantlarının oluşumuna fayda sağlayan anizotropik bir gerilme alanı oluşturur ve tekrarlanan döngüler sırasında makroskopik bir şekil değişikliğiyle sonuçlanır (Meng ve ark., 2004). Şekil değişiminin kontrolü ve maksimum ŞHE kararlılığı (stabilitesi) termomekanik eğitim metodlarıyla elde edilebilmektedir. Genel olarak eğitimler sırasında uygulanan, ısıl işlem süreleri ve sıcaklıkları, gerilme değerleri ve maruziyet şekilleri (çekme, basma, bükme), döngü sayıları termomekanik eğitim ile elde edilecek çift yönlü ŞHE'ni etkilemektedir (Shakeri ve ark., 2009). Termomekanik eğitim ile maksimum çift yönlü ŞHE elde edilmesine yönelik yapılan çalışmalarda, gerilmenin uygulanma fazına (martenzit ya da östenit) ve döngüler sırasındaki faz geçişlerine bağlı olarak farklı eğitim metodları geliştirilmiştir. Bu eğitim metodları şekil hafıza döngüsü, süperelastik döngü, birleşik (şekil hafıza ve süperelastik) döngü, martenzitin kısıtlanmış döngüsü ve gerilme kaynaklı martenzit yaşlandırması olarak beş farklı durumda incelenmektedir. Şekil 2'de ŞHA'ların eğitilmesini sağlayabilen termomekanik eğitim düzeneğinin şematik görüntüsü verilmiştir.



Şekil 2. Termomekanik eğitim metodunun şematik görünümü (Luo ve Abel, 2007).

#### 3.1. Şekil Hafıza Döngüsü

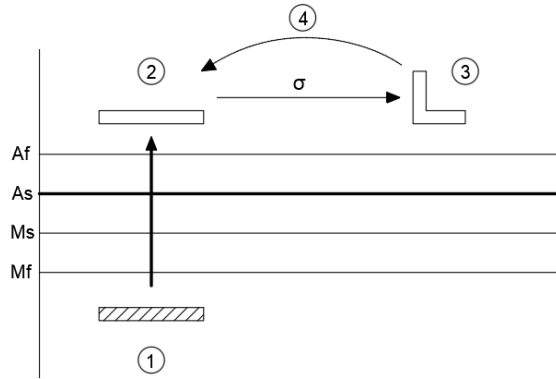
Şekil hafıza döngüsü, tek yönlü ŞHA'ların martenzit bitiş sıcaklığından daha düşük sıcaklık değerlerinde istenilen çift yön şekillerine deforme edilmesi ve sonrasında uygulanan gerilmenin ortadan kaldırılarak östenit bitiş sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklık değerine ısıtılması işlemini kapsamaktadır (Kim, 2004). Bu işlem birden fazla tekrarlandığında, artan döngü sayısı ile çift yönlü ŞHE daha kararlı hale gelerek artış eğilimine geçmektedir (Ansari ve ark., 2018). Bununla birlikte, eğitim sırasında artan döngü sayıları ile dislokasyon, gerilme kaynaklı martenzit ve çökeltilerin oluşmasıyla geri dönüşü olmayan kusurlar meydana gelebilmektedir (Wang ve ark., 2002). Ayrıca, martenzit fazda uygulanan yüksek gerilme oranları plastik deformasyona sebebiyet vererek elde edilecek çift yönlü ŞHE oranını azaltabilmektedir (Yoo ve Lee, 2011). Çift yönlü ŞHE eğitimleri sonrasında düşük sıcaklıklarda yapılabilecek tavlama işlemleriyle östenitin yeniden kristalleşmesi dahil olmak üzere şekil hafıza özelliklerinin düzenlenmesi sağlanabilmektedir (Ryklina ve ark., 2008). Şekil hafıza döngüsü, Şekil 3'te şematik olarak verilmiştir.



Şekil 3. Şekil hafıza döngüsü ile çift yönlü ŞHE eğitimi.

### 3.2. Süperelastik Döngü

ŞHA'ların süperelastik döngüler ile eğitilmesi işlemi, tek yönlü ŞHE kazandırılmış alaşımlara östenit bitiş sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklık değerinde istenilen şeklin uygulanması ve gerilmenin ortadan kaldırılması ile gerçekleştirilmektedir. Çift yönlü ŞHE'nin kararlılığı açısından işlemin tekrarlanması gerekmektedir. Bu eğitim metodunun şekil hafıza döngüsü eğitiminden farkı, döngü tekrarının yalnızca alaşımın östenit fazında, sabit bir sıcaklıkta gerçekleşiyor olmasıdır. Süperelastik döngüler ile ŞHA'larda gözlemlenen çift yönlü ŞHE, eğitim sırasında oluşan dislokasyon yapılarına atfedilmektedir (Cesari ve ark., 1991). Eğitimler sırasında oluşan dislokasyon dağılımları, çift yönlü istenilen şeklin uygulanmasında tercih edilen gerilme metodlarına (çekme ya da basma) bağlı olmaktadır (Malarria ve ark., 2009). Ayrıca, eğitimin gerçekleştirildiği sıcaklığın seviyesine bağlı olarak alaşımların östenit yapıları farklı dislokasyon yoğunluğu ve mukavemet özelliği sergilemektedir. Dislokasyon yoğunluğu ve mukavemet yüksek olduğunda gerilme değerinin büyüklüğü, mikroyapıdaki martenzit varyantlarının yeniden yönlendirilmesini engellemekte, çift yönlü ŞHE'ni zayıflatmaktadır (Wang ve ark., 2002). Genel olarak, basma gerilmesi döngülerinden sonra dislokasyonların daha düzenli dağılımının olduğu bilinmektedir. İki mekanik işlemin (çekme ve basma) birbirinden farklı sonuçlar vermesi, alaşımlarda meydana gelen iç gerilmelerin farklılığı ve çökeltilerin büyüklüğü ile değişen martenzitik dönüşüm sıcaklıklarından kaynaklanmaktadır. Süperelastik döngü, Şekil 4'te şematik olarak verilmiştir.

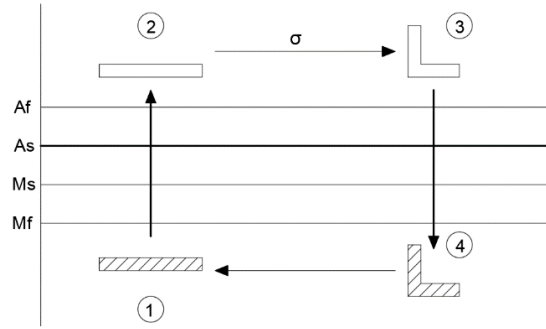


Şekil 4. Süperelastik döngü ile çift yönlü ŞHE eğitimi.

### 3.3. Birleşik Döngü

Birleşik döngü (şekil hafıza ve süperelastik) ile çift yönlü ŞHE eğitimlerinde ŞHA'lara östenit bitiş sıcaklıklarının üzerindeki bir sıcaklık değerinde istenilen şekil uygulanır ve uygulanan gerilme ortadan kaldırılmadan alaşımın martenzit bitiş sıcaklığından daha düşük sıcaklık değerlerine soğutulması sağlanır. Martenzitik dönüşüm gerçekleştiğinde alaşıma uygulanmış olan gerilme ortadan kaldırılır ve tekrarlanan döngüler ile işlemin tekrarı

sağlanmaktadır. Birleşik döngüler ile çift yönlü ŞHE elde edilmesine yönelik çalışmalar oldukça sınırlı olmakla birlikte, çift yönlü şeklin östenit fazında uygulanması ve martenzit faz dönüşümü sırasında çift yönlü şeklin sınırlanması, elde edilen çift yönlü ŞHE değerini olumlu etkilemektedir (Luo ve Abel, 2007). Birleşik döngü, Şekil 5'te şematik olarak verilmiştir.

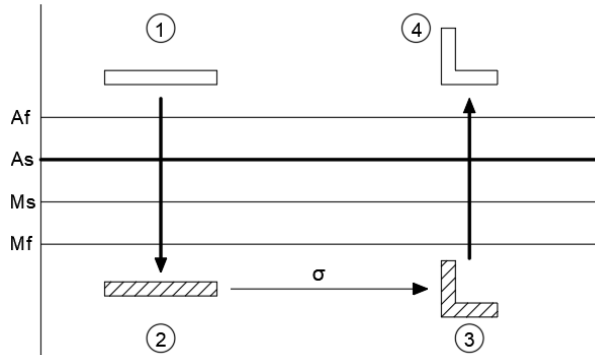


Şekil 5. Birleşik döngü ile çift yönlü ŞHE eğitimi.

### 3.4. Martenzitin Kısıtlanmış Döngüsü

Çift yönlü ŞHE elde etmeye yönelik geliştirilen bir başka eğitim metodu ise martenzitin kısıtlanmış döngüsü olarak adlandırılmaktadır. Bu eğitim metodunda ŞHA'lar, martenzit bitiş sıcaklıklarından daha düşük bir sıcaklık değerine soğutulmakta ve martenzit fazda çift yönlü kazandırılmak istenilen şekline kısıtlanmaktadır. Martenzit faz yapısında belli bir şekle kısıtlanan ŞHA'lara tekrarlanan eğitim döngüleriyle ŞHE kazandırılmaktadır (Liu ve ark., 1998). Eğitim prosedürlerindeki kısıtlamalar (mekanik testler) genellikle gerilme (çekme, basma, eğilme) altında yapılmaktadır. Çift yönlü ŞHE elde etmeye yönelik testlerde çekme gerilmesinden yararlanıldığı takdirde ısı genleşme kaynaklı ŞHE olumsuz etkilenilmekte, eğilme prosedürlerinde bu etki en aza indirilerek daha yüksek ŞHE oranları elde edilebilmektedir (Lahoz ve ark., 2002). Bununla birlikte, eğitim sırasında (kısıtlamalarda) uygulanan gerilme değerleri, alaşımların martenzit ve östenit faz geçiş sıcaklıklarını değiştirebilmektedir (Lahoz ve Puertolas, 2004).

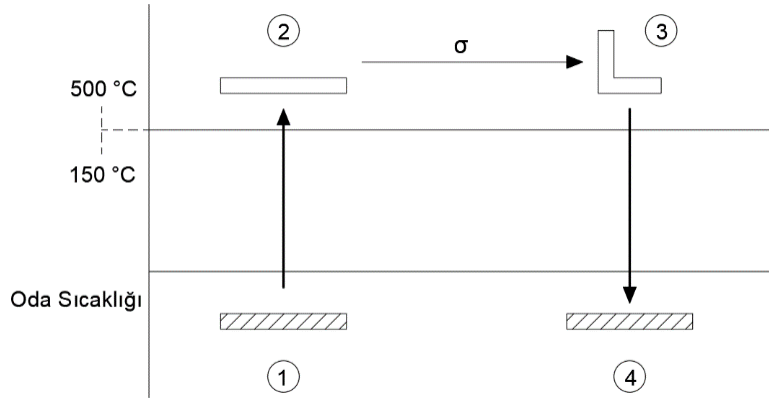
Çift yönlü şeklin kısıtlanıp eğitim döngülerinin tekrarı gerçekleştirildiği sırada diğer eğitim metodlarında olduğu gibi dislokasyonlar, martenzit varyantlarının yeniden oryantasyonu ve iç gerilme gibi mikroyapısal değişimler meydana gelmektedir (Wada ve Liu, 2008). Eğitimler sırasında ortaya çıkan dislokasyon yapısı martenzitik dönüşümler sırasında sıcaklığın artmasıyla tavlanylabilir ve çift yönlü ŞHE değerini doğrudan etkilemektedir (Zhang ve ark., 1997). Özellikle bakır bazlı ŞHA'larda dislokasyonların tavlama durumunda yaşlanma etkisi gözlemlenmekte ve yaşlanma etkisinin ilerlediği durumlarda çökelti oluşumu meydana gelerek martenzitik dönüşüm sıcaklıklarını olumsuz etkilemektedir (Datta ve ark., 2001). Martenzitin kısıtlanmış döngüsü, Şekil 6'da şematik olarak verilmiştir.



Şekil 6. Martenzitin kısıtlanmış döngüsü ile çift yönlü ŞHE eğitimi.

### 3.5. Gerilme Kaynaklı Martenzit Yaşlanması

Gerilme kaynaklı martenzit yaşlanması genellikle tek kristalli Kobalt-Nikel-Galyum (CoNiGa), Kobalt-Nikel-Alüminyum (CoNiAl), Nikel-Manganez-Galyum (NiMaGa) ve Nikel-Demir-Galyum-Kobalt (NiFeGaCo) gibi alaşımların eğitilmesinde tercih edilmektedir (Panchenko ve ark., 2019). Bu eğitim metodu ile ŞHA'lar, belli gerilme aralıklarında (150-300 MPa) çift yönlü şekillerine sabitlenerek yüksek bir sabit sıcaklıkta (150-500 °C) uzun süreli (2-12 saat) yaşlandırma işlemine tabi tutulmaktadır. Yaşlanma işlemi sonrası ŞHA'lar oda sıcaklığına soğutulmakta ve soğutma sonrası eğitim metodu tekrarlanmaktadır. ŞHA'ların eğitiminde uygulanan yaşlandırma sıcaklıkları, östenit stabilizasyonundan, dislokasyonlardan, çökeltilerin oluşumundan ve martenzitik dönüşüm sıcaklıklarının değişiminden sorumlu olabilmektedir (Timofeeva ve ark., 2018). Çökeltilerin yönelimleri çift yönlü ŞHE oranını artıran bir etken olabilirken, tercih edilen yüksek yaşlandırma sıcaklıkları martenzitik dönüşüm sıcaklıklarının değişmesine neden olarak çift yönlü ŞHE oranını olumsuz etkileyebilmektedir (Shakeri ve ark., 2009). Gerilme kaynaklı martenzit yaşlanması metodunda, yüksek sıcaklığın yanı sıra yüksek gerilme değerleri de martenzit dönüşüm sıcaklıklarını etkilemektedir (Tagiltsev ve ark., 2020). Artan gerilme değerleri ile östenit başlangıç ( $A_s$ ) ve martenzit bitiş ( $M_f$ ) sıcaklıkları önemli ölçüde düşerek östenit başlangıç sıcaklığının martenzit başlangıç sıcaklığından daha düşük olmasına ( $A_s < M_s$ ) sebebiyet verir. Bu durum, martenzitik dönüşümde yüksek enerji birikimini meydana getirmekte ve ters martenzitik dönüşümü tetiklemektedir. Gerilme kaynaklı martenzit yaşlanması döngüsü, Şekil 7'de şematik olarak verilmiştir.



Şekil 7. Gerilme kaynaklı martenzit yaşlanması ile çift yönlü ŞHE eğitimi.

## 4. MEKANİK EĞİTİM METOTLARI

### 4.1. Yüksek Deformasyon Yöntemi

Yüksek deformasyon yöntemi, çift yönlü ŞHE elde edilmesinde en basit süreçlerden birisidir. Alaşımların martenzit veya östenit fazlarında maruz bırakıldıkları tek bir yüksek deformasyon işlemine dayanmaktadır. Yüksek deformasyon, çekme, basma ve haddeleme gibi mekanik kuvvetler ile sağlanabilmektedir (Wang ve ark., 2005). Yüksek deformasyonlar homojen olmayan iç gerilme alanlarını ve büyük miktardaki plastik gerinimleri meydana getirmekte, bu durum, elde edilen çift yönlü ŞHE değerini olumsuz etkileyebilmektedir. Genel olarak, bu eğitim yöntemi ile düşük oranlarda (maksimum %1-2) çift yönlü ŞHE elde edilmesi, yüksek deformasyonun meydana getirdiği olumsuz iç yapı, literatürde yapılan çalışmalarda üstün bir çift yönlü ŞHE'nin tespit edilememiş olması sebebiyle ŞHA'ların eğitilmesinde yüksek deformasyon yöntemleri tercih edilmemektedir.

## 5. SONUÇ

Bu araştırmada ele alınan eğitim metotları, çift yönlü ŞHE'nin elde edilmesinde kullanılan temel eğitim metotlarını oluşturmaktadır. Kullanılan bu metotlar sonucunda;

- Mekanik eğitimlerde alaşımların maruz bırakıldıkları yüksek deformasyonlara bağlı olarak ŞHE değerleri olumsuz etkilendiği,
- Genel olarak, çift yönlü ŞHE eğitimi ana fazda dislokasyon, i gerilmeler ve çökeltiler gibi geri dönüşü olmayan kusurları meydana getirdiği,
- İ gerilmeler ve çökelti oluşumları, döngü sayısının artmasıyla birlikte sertlik değerinde artışa neden olduğu ve martenzitik dönüşüm sıcaklıklarının değişimine sebebiyet verdiği aynı zamanda ŞHE'yi olumsuz etkilediği,
- Termomekanik eğitim sırasında uygulanan ısııl işlemlerin süreleri ve sıcaklıkları, gerilme değerleri ve maruziyet şekilleri ile döngü sayıları çift yönlü ŞHE'yi etkilediği,
- Termal ve mekanik eğitim prosedürlerinin uygulanması termomekanik eğitimiyle kıyasla kolay olsa da elde edilen çift yönlü ŞHE değerleri dikkate alındığında termomekanik eğitim metotları daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

## 6. TEŞEKKÜRLER

Bu alışmayı FYL-2020-2163 numaralı proje kapsamında finansal olarak destekleyen Karabük Üniversitesi Rektörlüğü'ne ve Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Yönetim Koordinatörlüğü alışanlarına teşekkür ederim.

## 7. KAYNAKLAR

- Ansari M, Fahimi P, Baghani M, Golzar M 2018. An experimental investigation on training of NiTi-based shape memory alloys. *International Journal of Applied Mechanics*, 10:4, 1-17.
- Cesari E, Picornell C, Pons J, Sade M 1991. Some aspects of the two way shape memory effect induced by pseudoelastic cycling in Cu-Zn-Al alloys. *Journal De Physique IV* 1: 451-456.
- Datta S, Bhunya A, Banerjee MK 2001. Two way shape memory loss in Cu-Zn-Al alloy. *Materials Science & Engineering A*, 291-298.
- Dilibal S 2005. Nikel-titanyum şekil bellekli alaşım üretimi ve şekil bellek eğitimi. Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, 64-68.
- Huang W, Toh, W 2000. Training two-way shape memory alloy by reheat treatment. *Journal of Materials Science Letters*, 19: 1549-1550.
- Huang W, Goh HB 2001. On the long-term stability of two-way shape memory alloy trained by reheat treatment. *Journal of Materials Science Letters*, 20: 1795-1797.
- Kim HW 2004. A study of the two-way shape memory effect in Cu-Zn-Al alloys by the thermomechanical cycling method. *Journal of Materials Processing Technology*, 146: 326-329.
- Lahoz R, Villa LG, Puertolas JA 2002. Training of the two-way shape memory effect by bending in NiTi alloys. *Journal of Engineering Materials and Technology*, 124: 397-401.
- Lahoz R, Puertolas JA 2004. Training and two-way shape memory in NiTi alloys: influence on thermal parameters. *Journal of Alloys and Compounds*, 381: 130-136.
- Liu Y, Liu Y, Humbeck JV 1998. Two-way shape memory effect developed by martensite deformation in NiTi. *Acta Materialia* 47:1, 199-209.
- Li W, Zhou ZX, Xiao H, Huang XM, Luo YQ 2016. Effects of annealing and training on NiTi alloy ring for clamping device. *Materials and Manufacturing Processes*, 31:15, 2011-2016.
- Luo HY, Abel EW 2007. A comparison of methods for the training of NiTi two-way shape memory alloy. *Smart Materials and Structures*, 16: 2543-2549.
- Malarria J, Lovey FC, Sade M 2009. Two way shape memory effect in CuZnAl single crystals after pseudoelastic cycling at low temperatures. *Materials Science and Engineering A* 517: 118-124.

- Meng XL, Zheng YF, Cai W, Zhao LC 2004. Two-way shape memory effect of a TiNiHf high temperature shape memory alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, 372: 180-186.
- Panchenko E, Timofeeva E, Pichkaleva M, Tokhmetova A, Surikov N, Tagiltsev A, Chumlyakov Y 2019. Effect of stress-induced martensite aging on martensite variant reorientation strain in NiMnGa single crystals. *International Conference on Ferromagnetic Shape Memory Alloys (ICFSMA) in Prague*, 1-6.
- Ryklina EP, Khmelevskaya IY, Prokoshkin SD, Inaekyan KE, Ipatkin RV 2006. Effects of strain aging on two-way shape memory effect in a nickel–titanium alloy for medical application. *Materials Science and Engineering A*, 1093-1096.
- Ryklina EP, Prokoshkin SD, Khmelevskaya IY, Shakhmina AA 2008. One-way and two-way shape memory effect in thermomechanically treated TiNi-based alloys. *Materials Science and Engineering A*, 134-137.
- Scherngell H, Kneissl AC 1998. Training and stability of the intrinsic two-way shape memory effect in Ni-Ti alloys. *Scripta Materialia*, 39:2, 205-212.
- Shakeri MS, Allafi JK, Chianeh VA, Ghabchi A 2009. The influence of Ni<sub>4</sub>Ti<sub>3</sub> precipitates orientation on two-way shape memory effect in a Ni-rich NiTi alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, 485: 320-323.
- Tagiltsev AI, Panchenko EY, Chumlyakov YI, Fatkullin ID, Karaman I 2020. Two-way shape memory effect in stress-induced martensite aged Ni<sub>50.3</sub>Ti<sub>32.2</sub>Hf<sub>17.5</sub> alloy. *Materials Letters* 268: 127589.
- Timofeeva EE, Panchenko EY, Pichkaleva MV, Tagiltsev AI, Chumlyakov YI 2018. The effect of stress-induced martensite ageing on the two-way shape memory effect in Ni<sub>53</sub>Mn<sub>25</sub>Ga<sub>22</sub> single crystals. *Materials Letters* 228: 490-492.
- Wada K, Liu Y 2008. On the mechanisms of two-way memory effect and stress-assisted two-way memory effect in NiTi shape memory alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, 449: 125-128.
- Wang Z, Zu X, Feng X, Dai J 2002. Effect of thermomechanical treatment on the two-way shape memory effect of NiTi alloy spring. *Materials Letters*, 54: 55-61.
- Wang JJ, Omori T, Sutou Y, Kainuma R, Ishida K 2005. Two-way shape memory effect induced by cold-rolling in Ti–Ni and Ti–Ni–Fe alloys. *Scripta Materialia*, 311-316.
- Yoo YI, Lee JJ 2011. Two-way shape memory effect of NiTi under compressive loading cycles. *Physics Procedia*, 22: 449-454.
- Zhang JX, Liu YX, Cai W, Zhao LC 1997. The mechanisms of two way-shape memory effect in a Cu-Zn-Al alloy. *Materials Letters*, 33: 211-214.

## Nutrasötikler ve fitokimyasallar: Biyoaktif özellikleri ve sağlık üzerine etkileri

Merve Koçak\* (<https://orcid.org/0000-0002-8125-2239>) Mehmet Musa Özcan (<https://orcid.org/0000-0002-7092-5899>)

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 42071-Konya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: mrvkocak2@gmail.com

### Özet

Gıda sektörü ve bilim dünyası, besleyici ve sağlıklı olmalarının yanında hastalık risklerini önlemede destekleyici bir rol üstlenen yeni gıdalar arayışı içindedirler. Nutrasötik terimi bir gıdanın parçası olarak kabul edilen, hastalıkların önlenmesi ve tedavisi de dahil olmak üzere sağlık yararları sağlayan madde olarak ifade edilmektedir. Bu bağlamda, nutrasötikler, diyet lifleri, medisinall gıdalar, terapötik gıdalar ve süper gıdalar gibi terimlerle ifade edilse de bu gıdaların temelde fonksiyonel gıdalar olarak tanımlanması daha uygundur. Nutrasötikler, kardiyovasküler hastalıklar, kanser vb hastalıkları önlemede, enfeksiyon kontrolünde etkili olan ve insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri göz ardı edilemez gıda bileşenleridir. Nutrasötik bileşikler gıda kaynakları, etki mekanizmaları ve yapılarına göre sınıflandırılabilir. Bu bileşikler gıda kaynakları olarak ele aldığımızda bitkisel, hayvansal ve mikrobiyal açıdan incelemek mümkündür. Sağlığa yararlı olan bitkisel kaynaklı (sebze, meyve, tahıl vb.) biyoaktiviteye sahip bitki bileşenleri Fitokimyasallar olarak tanımlanmaktadır. Fitokimyasallar, diyet lifleri, oligosakkaritler, proteinler, alkoller, izoprenoidler, vitaminler, mineraller, prebiyotikler, probiyotikler ve çoklu doymamış yağ asitleri, uçucu yağlar nutrasötik üretiminde kullanılabilen bileşenler arasında yer almaktadır. Nutrasötiklerin tanımlanmasını, kimyasal yapılarının ve biyoaktivitelerinin karakterizasyonunu, doğal kaynaklarını, ürün geliştirme, kalite kontrol vb. gibi özelliklerini belirlemek için Kütle Spektrometresi (MS), Nükleer Manyetik Rezonans (NMR), Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografisi (HPLC) gibi gelişmiş analitik tekniklere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, nutrasötikler, nutrasötiklerin sınıflandırılması, nutrasötiklerin üretiminde kullanılan analizler ve nutrasötiklerin insan sağlığı üzerine etkileri ile ilgili yapılan çalışmalar gözden geçirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fitokimyasallar, Fonksiyonel Gıda, Nutrasötik, Analiz

### Nutraceuticals and phytochemicals: bioactive properties and health effects

#### Abstract

The food industry and the scientific world are in search of new foods that are nutritious and healthy, as well as play a supportive role in preventing disease risks. The term nutraceuticals expressed any substance that may be considered a food or part of a food and provides medical or health benefits, including the prevention and treatment of disease. In this context, although nutraceuticals are expressed in terms of such as dietary fibers, medicinal foods, therapeutic foods, and superfoods, it is more appropriate to define these foods mainly as functional foods. Nutraceuticals are food components that are effective in preventing diseases such as cardiovascular diseases, cancer, etc., and their positive effects on human health cannot be ignored. Nutraceutical compounds can be classified according to food sources, mechanisms of action and structures. When we consider these compounds as food sources, it is possible to examine them in vegetable, animal and microbial terms. Plant components of plant origin (vegetables, fruits, cereals, etc.) that are beneficial for health and have bioactivity are defined as Phytochemicals. Phytochemicals, dietary fibers, oligosaccharides, proteins, alcohols, isoprenoids, vitamins, minerals, prebiotics, probiotics and polyunsaturated fatty acids, essential oils are among the components that can be used in nutraceutical production. Identification of nutraceuticals, characterization of their chemical structure and bioactivity, natural resources, product development, quality control, etc. Advanced analytical techniques such as Mass Spectrometry (MS), Nuclear Magnetic Resonance (NMR), High Performance Liquid Chromatography (HPLC) are required. In this study, nutraceuticals, classification of nutraceuticals, analyzes used in the production of nutraceuticals, and studies on the effects of nutraceuticals on human health are reviewed.

**Keywords:** Phytochemicals, Functional Food, Nutraceutical, Analysis

## GİRİŞ

Günümüzde gıda sektörü ve bilim dünyası, besleyici ve sağlıklı olmalarının yanında hastalık risklerini önlemede destekleyici bir rol üstlenen yeni gıdalar arayışı içindedirler (Roberfroid, 1999). Bu noktada optimal sağlık için yeni gıdalara ulaşılabilir arayışının bir sonucu olarak “nutrasötik” kavramı gündeme gelmektedir. Nutrasötik kavramı için evrensel olarak kabul edilmiş bir tanım bulunmamaktadır, çünkü gıda takviyeleri 'nutrasötikler' ve/veya 'fonksiyonel gıdalar' ve/veya 'tıbbi gıdalar' ile yaygın olarak kullanılmaktadır (Gonzalez ve ark., 2013). Avrupa Nutrasötik Derneğinin (European Nutraceutical Association) tanımına göre nutrasötik terimi; gıda takviyeleri veya fonksiyonel gıda gibi çeşitli gıda ürünleri için olduğu kadar bazı spesifik besinleri de içine alan bir kavramı ifade etmektedir (European Nutraceutical Association. Available from <https://www.enaonline.eu/>).

Bu tip gıdalar besleyicilik değeri de dahil olmak üzere fiziksel performans, zihinsel aktivite ve bazı hastalıkların tedavi ve kontrolü aşamasında fizyolojik fonksiyonları düzeltilmiş gıda ve gıda bileşenleri olarak karşımıza çıkmaktadır (Roberfroid, 2000). Fonksiyonel gıdalar; metabolizmanın düzenlenmesine yardımcı olmak, biyolojik savunma mekanizmasını güçlendirmek, hayati riski yüksek olan bazı hastalıkların (kalp ve damar hastalıkları, kanser, hipertansiyon ve obezite gibi) oluşumunu önleyebilmek, fiziksel ve mental koşulları kontrol altına alabilmek ve yaşlanma etkilerini geciktirmek gibi işlevlere sahiptir (Sheey ve Morrisey, 1998).

Gıdaları fonksiyonel hale getirebilmek ve besleyiciliğinin yanı sıra işlevselliğini artırabilmek için gıdalara fitokimyasallar, bioaktif peptidler, omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri, prebiyotikler ve probiyotikler ilave edilebilmektedir (Shah, 2001).

Sonuç olarak söz konusu gıda sağlığın devamını sağlayıcı, iyileştirici ve yaşam kalitesini arttırmaya yönelik olmalıdır. Bütün bu unsurlar göz önüne alındığında fonksiyonel gıda endüstrisi oldukça önemli bir alan haline gelmiştir.

### Nutrasötikler ve Fonksiyonel Gıdalar

Yemek yeme alışkanlığı ve sağlık arasındaki ilişki göz önüne alındığında herhangi bir gıdanın fonksiyonel gıda olarak tanımlanması için taşıması gereken özellikler şu şekilde sıralanmaktadır. Söz konusu gıda sağlığın devamını sağlayıcı veya iyileştirici olmalı; aynı zamanda diyetin gelişmesine de katkıda bulunmalı, gıda veya bileşenlerinin yararları nutrisyonel veya medikal temellere dayanmalı, gıda bileşenlerinin fiziko-kimyasal özellikleri iyi tanımlanmalı, bu bileşenler kalitatif ve kantitatif metotlarla tespit edilebilmeli, benzer gıdalarla karşılaştırıldığında bu gıdaların kompozisyonunun zararlı bir etkisi gözlenmemeli, bu gıdalar sıradan diyetlerde bulunabilmeli, bu ürünler sıradan gıdaların bileşiminde bulunmalıdır (Farr, 1997; Hardy, 2000; Roberfroid, 2000; Colmenero ve ark., 2001).

Nutrasötik terimi ise beslenme ve farmasötik ürünlerinin birleşimi sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu terim 1989 yılında DeFelice Tıpta Yenilik Vakfı tarafından literatüre kazandırılmıştır (Kalra, 2003). Bu tanımlamada “bir gıdanın parçası olarak kabul edilen, hastalığın önlenmesi ve tedavisi de dahil olmak üzere tıbbi veya sağlık yararları sağlayan bir madde” olarak yeniden ifade edilmiş ve açıklığa kavuşturulmuştur. Merriam-Webster Sözlüğüne göre bu terim temel besleyici özelliğine ilave olarak sağlık yararları sağlayan gıda maddeleri olarak tanımlanmaktadır. Literatürde gıda katkı maddeleri, gıda destekleri, fonksiyonel gıdalar ve nutrasötikler arasında bir karışıklık vardır (De Felice, 1994). Nutrasötikler hastalıkların tedavisi ve önlenmesindeki katkıları bilimsel olarak gösterilmiş toksik olmayan gıda ekstraktlarını kapsarken, fonksiyonel gıda ise hastalık riskini azaltan ve sağlık üzerinde olumlu etkisi olan besin maddelerini kapsamaktadır. Birbiriyle benzer özelliklere sahip oldukları için nutrasötik ve fonksiyonel gıda birbirlerinin yerine kullanılabilir (Dayısoylu ve ark., 2014).

Bir gıdayı “fonksiyonel” yapan önemli faktörlerin başında o gıda maddesinin içerdiği biyoaktif bileşenler ve bunların insan sağlığı ve fizyoloji üzerine etkileri yer almaktadır. Hayvansal ve bitkisel gıdalar ile deniz ürünlerinde doğal olarak bulunan kimyasal bileşikler biyoaktif bileşen olarak adlandırılmaktadır. Örneğin; çörek otunda bulunan timokinon, domatesteki likopen, yulaftaki beta gluklan, çaydaki kateşinler, üzüm çekirdeğindeki kuarsetin, balıktaki omega-3 yağ asitleri mevcut biyoaktif bileşenlerdir (Aslan, 2019).

Fitokimyasallar, sebzeler, meyveler, tam tahıllı ürünler, çay ve baklagiller gibi bitkisel kaynaklı gıdalarda bulunan ve gıda maddelerindeki vitamin olmayan, yararlı kimyasalların bitkisel kaynaklı olanları “fitokimyasal” olarak adlandırılmaktadır (Özcan ve ark., 2003; Cao ve ark., 2017; Singh ve Chaudhuri, 2018). Gıdalardaki en yaygın fitokimyasallar arasında polifenoller, karotenoidler, flavonoidler, kumarinler, indoller, izoflavonlar, lignanlar,



organosülfürler, kateşinler, fenolik asitler vb. yer almaktadır. Nutrasötikler ve fitokimyasallar arasındaki ilişki gözden geçirildiğinde fitokimyasallar da diyet lifleri, oligosakkaritler, proteinler, alkoller, izoprenoidler, vitaminler, mineraller, prebiyotikler, probiyotikler, çoklu doymamış yağ asitleri ve uçucu yağlar gibi nutrasötiklerin üretiminde kullanılabilen bileşenler arasındadır (Kokate ve ark., 2002; Das ve ark., 2012).

### **Nutrasötiklerin Sınıflandırılması**

Nutrasötik bileşikler gıda kaynakları, spesifik gıdalar, etki mekanizması ve kimyasal yapılarına göre minimum düzeyde sınıflandırılmaktadır.

Nutrasötik faktörleri gıda kaynakları olarak ele aldığımızda bunları bitkisel,( Askorbik Asit,  $\gamma$ -Tokotrienol, Kersetin vb.) hayvansal (Konjuge Linoleik Asit (CLA), Eikosapentaenoik asit (EPA) vb.) ve mikrobiyal (yani bakteri ve maya)( *Saccharomyces boulardii* (maya), *Bifidobacterium bifidum* vb.) açıdan incelemek mümkündür.

Belirli spesifik gıdalarda daha yüksek konsantrasyonlarda bulunan nutrasötik maddeleri incelediğimizde bunlar öncelikle biber meyvesinde bulunan kapsaikinoidler ve özellikle soğan ve sarımsakta konsantre olan allil sülfür (organosülfür) gibi gıdalarda farklı birçok bileşen bulunmaktadır.

Nutrasötikleri etki mekanizmaları yönünden incelediğimizde besin kaynağından bağımsız olarak insan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri ön plana çıkmaktadır. Örneğin; antikanser (kürkümün, lutein vb.), antioksidan aktivite (kateşin,  $\beta$ -karoten, likopen vb.), kemik koruyucu (kazein, CLA vb.) gibi özellikler açısından ele almak mümkündür.

Son olarak nutrasötikleri kimyasal yapılarına göre izoprenoid türevleri,(karotenoidler, saponinler, tokoferoller vb.) fenolik maddeler,(kumarinler, tanen, antosiyaninler, izoflavonlar vb.) yağ asitleri ve yapısal lipitler,(Omega-3 PUFA, CLA, lesitin) karbonhidratlar ve türevleri,(askorbik asit, oligosakkarit vb.) amino asit bazlı maddeler, (amino asit, indol, kolin, folik asit vb.) mikrobiyal,(prebiyotik, probiyotik) ve mineraller (Ca, Se, K, Cu, Zn) olarak sınıflandırılmaktadır (Wildman, 2016).

İzoprenoidler ve terpenoidler aynı molekül sınıfına ait olmakla birlikte bu maddeler bitki sekonder metabolitlerinin en büyük grupları olarak adlandırılmaktadır ve aynı zamanda birçok bitki kaynaklı nutrasötiklerin de temelini oluşturmaktadır. Karotenoidler, tokoferoller, tocotrienoller ve saponinler gibi birçok popüler nutrasötik yapı bulunmaktadır. İzoprenoidler olarak da bilinen terpenler (Harborne ve ark.,1993), yeşil gıdalar, soya bitkileri ve tahıllardaki en büyük bitki besin sınıfını meydana getirmektedirler ve serbest radikallerle etkileşimlerinde benzersiz bir antioksidan aktiviteye sahiptir. Terpen antioksidanları hakkında en çok çalışılan yapılar tokotrienoller ve tokoferollerdir. Tanınmakta olan triterpen familyalarından biri limonoidlerdir. Limonoidler narenciye meyvelerinde bulunur ve acı lezzetlerinin çoğunu verir (Miller ve ark., 1994).

Fenolik bileşikler, çilek, elma, turunçgiller, kakao, üzüm, soğan, zeytin, domates, soya fasulyesi, tahıl ve tahıllar, yeşil ve siyah çaylar, kahve çekirdekleri ve kırmızı ve beyaz şaraplar gibi, bitki ve türevlerinde mevcut olan bitki sekonder metabolitleri olarak adlandırılmaktadır (Birt ve ark., 2001).

Omega-3 yağ asitleri somon, uskumru, sardalya gibi balıklarda bulunmaktadır. Omega-3 yağ asitlerinden önemli olan ikisi eikozapentaenoik asit (EPA; 20:5) ve dokozahekzaenoik asittir (DHA; 22:6).

Glikoz türevi askorbik asit (C vitamini) belki de en tanınabilir nutrasötik maddelerden biridir ve çok popüler bir tamamlayıcı olarak ifade edilmektedir. Askorbik asit, öncelikle bir antioksidan olarak, bir nutrasötik bileşik olarak işlev görmektedir. Bazı bitki polisakarit familyaları, salgılanan sindirim enzimlerine dirençli olduklarından insanlar için kolayca temin edilememektedir. Bu polisakaritler, en tanınan nutrasötik ailelerin liflerinden birini oluşturmak için fenolik polimer bileşiği lignin ile birlikte gruplanmaktadır. Bitki dokusuna yapısal özellikler sağlamanın ötesinde, liflerin bir diğer rolü ise hayvanlarda yaralanma esnasında doku onarımını sağlamaktadırlar (Wildman, 2016).

Proteinler, amino asitlerin uzun zincirli polimerleri olarak tanımlanmakta olup, peptitler ise daha kısa formları temsil etmektedir. Besinlerimizdeki proteinler, ilk olarak, sindirim sistemimizde sindirilebilir maddeler olarak hareket ederek, iki yolla sağlık destekleyici olarak işlev görebilir, böylece kolesterolün kalın bağırsaktan yeniden emilimini azaltmaktadır. Örneğin; karabuğday ve soya fasulyesi proteinlerinin önemli miktarda sindirilemeyen protein içerdiği bilinmektedir ve bunların tüketiminin artması, temiz ve sağlıklı bir bağırsağın korunmasında faydalı olmaktadır. İkincisi, proteinler sindirim sırasında peptitlere dönüştürülmekte ve daha sonra kan dolaşım

sistemine alınmaktadır. Biyolojik olarak aktif peptitlerin bazılarının, özellikle soya fasulyesi proteinlerinden, kanda düşük kolesterol seviyelerine yol açabilen karaciğer hücreleri tarafından kolesterol üretimini önleyebildiği gösterilmektedir (Beecher ve ark., 1999).

Prebiyotik ve probiyotikler de fizyolojik işlevleri geliştirmeleri, sağlığı olumlu yönde etkilemeleri ve hastalıkları önlemeleri sebebiyle nutrasötikler içerisinde incelenmektedir (Hasler, 2002; Coşkun, 2005; Charalampopoulos ve ark., 2002). Probiyotikler bakteri içermektedir ve normal olarak insan gastrointestinal kanalında bulunan mide, safra ve sindirim enzimlerinin asit koşullarını sağlamak, insan bağırsağını kolonize edebilmek, insan tüketimi için güvenli olmak gibi kriterleri barındırmaktadırlar. Prebiyotikler ise sindirilebilir olmayan gıdalardır. Sindirim sistemine, bakteri üremesine ve gelişmesine yardımcı olmaktadır (Collins ve ark.,1999; Lamoureux ve ark.,2002).Nutrasötik gıda potansiyeline sahip olduğu bilinen bakteriyel türler arasında *Lactobacillus acidophilus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *Bifidobacterium bifidum*, *B. infantis* ve *Streptococcus salvarius subspecies thermophilus* bakterileri mevcut olmakla beraber, *Saccharomyces boulardii* dahil olmak üzere bazı mayalar da bulunmaktadır (Young ve ark., 2003).

Çeşitli mineraller, nutrasötik potansiyelleri için kabul edilmekte olup ve bu nedenle fonksiyonel gıdalar için kabul edilmektedir. En belirgin nutrasötik potansiyele sahip mineraller arasında kemik sağlığı, kolon kanseri ve belki de hipertansiyon ve kardiyovasküler hastalıklar ile ilişkili kalsiyum bulunmaktadır. Bununla birlikte Potasyumun da ayrıca hipertansiyonu düşürdüğü ve böylece kalp-damar sağlığını iyileştirdiği ifade edilmektedir. Süperoksit dismutaz enzimlerinin bileşenleri olan bakır, manganez, çinkonun ve glutatyon peroksidazın bir bileşeni olan selenyumun da antioksidan etkisi nedeniyle nutrasötik potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Wildman, 2016).

### **Nutrasötikleri ve Fonksiyonel Gıdaları Elde Etme Yöntemleri**

Nutrasötiklerin üretiminde gıdaların minimum düzeyde işlenmesi gerekmektedir. Gıdaların minimum düzeyde işlenmesindeki amaç gıdaların doğal özelliklerini muhafaza edip, raf ömrünü uzatmak, aynı zamanda ürün güvenilirliğini artırıp, çevreye verilen zararı minimum düzeye indirebilmektir (Ahvenainen, 1996). Nutrasötiklerin üretiminde zararlı bileşenlerin uzaklaştırılması, yararlı bileşenlerin konsantrasyonunun artırılması, biyoaktivitenin artırılması için doğal bileşenlerin modifiye edilmesi, doğal olarak bulunmayan yararlı bileşiklerin ilave edilmesi ve gıdalardaki yararlı bileşenlerin alıkonmasının iyileştirilmesi gibi gereksinimler vardır. Bu gereksinimleri karşılama noktasında ise membran filtrasyon, enzimatik prosesler, süper kritik sıvı ekstrasyonu, fermentasyon teknolojileri, yüksek basınç uygulaması, emülsiyon teknolojileri, kromatografik teknikler, enkapsülasyon prosesleri gibi analitik teknikler kullanılmaktadır (Dunne ve ark., 2001; Korhonen, 2002).

### **Nutrasötiklerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri**

İnsanlar hastalandıklarında verilen ilaçlar ile birlikte bu süreçte tüketilen gıdalar da önem arz etmektedir. Sağlığın devamı için insanlar ilaçlar ile birlikte gıda takviyelerine ihtiyaç duyabilirler bu noktada nutrasötiklerin de insan sağlığı üzerindeki etkileri ön plana çıkmaktadır. Örneğin; sebze ve meyveler ile bitkisel çaylarda bulunan ve kimyasal yapıları farklılık gösteren birçok antioksidan bileşik, hücreleri oksidatif strese koruyarak kronik hastalık riskini azaltmaktadır. Çeşitli karotenoidlerin antikanserojen etkileri kanıtlanmıştır. Likopen domateste bulunan vitamin A benzeri bir karotenoid olup prostat, meme, sindirim sistemi, mesane, deri ve serviks kanseri riskini azaltmaktadır. Likopenin antikarsinojen etkisinin antioksidan özelliği ile görüldüğü düşünülmektedir. Brokoli, karnabahar ve lahanaya gibi bitkisel besinlerin kanser riskini azaltması içerdikleri glukozinolatlarla bağlantılıdır (Başer, 2002; Aydın ve ark., 2005). Omega-3 yağ asitlerinin şizofreni, demans, gebelik esnasında ve laktasyon döneminde görülen psikiyatrik bozukluklar üzerinde olumlu etkileri vardır (Freeman, 2000). Soya fasülyesinde bulunan daidzein ve genesteinin kardiyovasküler hastalıkların tedavisi ve kansere karşı koruyucu etkileri olduğu bilinmektedir (Meriçli, 2017). Prebiyotikler inülin, frukto- ve galaktooligosakkarit gibi kısa zincirli karbohidratlardır ve endojen kolon bakterileri için substrat görevi görürler. Bağırsaklarda normal olarak bulunan bakterileri besleyerek sağlıklı olma durumu devam ettirilebilir ve gastrointestinal sistemin normal işlevini yerine getirmesi sağlanabilir. Prebiyotiklerin en belirgin yararlı etkileri kolonik mikroflorada yer alan laktobasiller ve bifidobakterilerin çoğalmasını seçici olarak uyarmaktır. Probiyotikler da bağırsaklarda mikrobiyal dengeyi sağlayarak konakçının sağlığını olumlu yönde etkilemek için görev yapan canlı mikroorganizmalardır (Kalra, 2003). Flavonoidler gıda maddelerine eklendiğinde lipid oksidasyonunun önlenmesinde, vitaminlerin ve enzimlerin korunmasında ve gıdaların renk ve lezzetine katkı sağlamaktadırlar ve flavonoidler asıl ince bağırsakta ortaya çıkmakta ve bu bileşiklerin emilimi fizyokimyasal özelliklerine bağlı olmaktadır (Kumar ve Pandey, 2013).

Nutrasötiklerin insan sağlığı üzerindeki etkileri oldukça fazladır bu nedenle insan sağlığını olumlu yönde etkileyecek her gıda şifa kaynağı olarak adlandırılabilir. Tıbbın babası Hipokrat'ın da dediği gibi 'Besinler ilacımız, ilacınız besinler olsun' (Hasler, 2002;Coşkun, 2005).

## SONUÇ

Nutrasötiklerin geliştirilmesindeki etkenler gıdaların tanımlanması, belirlenmesi, sağlık için yararlı olan etkilerini incelemek, organizmadaki fonksiyonlarını ve gıda bileşenlerinden bir veya birkaçı arasındaki etkileşimi ortaya koymaktır. Nutrasötikler kalp damar hastalığı riskini azaltıcı etkilerinin yanında enfeksiyona, kansere vb. hastalıklara karşı olumlu etkiler vermektedirler. Nutrasötikleri, insan beslenmesi baz alındığında geleceğin gıdaları olarak tanımlayabilmek mümkündür Araştırmaya ve geliştirmeye oldukça müsait olan bu gıdalar ulusal ve uluslararası pazarda da gelişmeye açık bir durum göstermektedirler. Bu gıdaları tüketen insanların da gıdaların yararları hususunda gereken bilgilendirmeyi alması oldukça önemlidir. Besin değerlerinin yanında sağlıklı, kaliteli önemli hastalıklara karşı koruyan bir beslenme alışkanlığı kazandırılmak istenmektedir. Aynı zamanda bu gıdaların alınması gereken limitlerin belirlenmesi ve sağlık açısından en uygun hale getirmek de oldukça önemli bir faktördür. Sonuç olarak nutrasötikler gıda endüstrisinde oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir ve bu durum da bize sağlık alanındaki yeniliklerin habercisidir.

## KAYNAKLAR

- Ahvenainen, R. (1996). New approaches in improving the shelf life of minimally processed fruit and vegetables. *Trends in Food Science&Technology*, 7(6), 179-187.
- Aydın, S., Başaran, A. A., & Başaran, N. (2005). The effects of thyme volatiles on the induction of DNA damage by the heterocyclic amine IQ and mitomycin C. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 581(1-2), 43-53.
- Aslan, R. (2019). Fonksiyonel gıda: besinler ilacımız olabilir mi?. *Ayrıntı Dergisi*, 7(77).
- Başer, K. H. C. (2002). Fonksiyonel gıdalar ve nutrasötikler. 14. Bitkisel ilaç hammaddeleri toplantısı, Bildiriler, 29-31.
- Beecher, G. R. (1999). Phytonutrients' role in metabolism: effects on resistance to degenerative processes. *Nutrition Reviews*, 57(9), 3-6.
- Birt, D. F., Hendrich, S., & Wang, W. (2001). Dietary agents in cancer prevention: flavonoids and isoflavonoids. *Pharmacology&therapeutics*, 90(2-3), 157-177.
- Cao, H., T.-T. Chai, X. Wang, M. F. B. Morais-Braga, J.-H. Yang, F.-C. Wong, R. Wang, H. Yao, J. Cao, L. Cornara, et al. 2017. Phytochemicals from fern species: Potential for medicine applications. *Phytochemistry Reviews* 16 (3):379–440. doi: 10.1007/s11101-016-9488-7.
- Charalampopoulos, D., Wang, R., Pandiella, S. S., & Webb, C. (2002). Application of cereals and cereal components in functional foods: a review. *International journal of food microbiology*, 79(1-2), 131-141.
- Collins, M. D., & Gibson, G. R. (1999). Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *The American journal of clinical nutrition*, 69(5), 1052s-1057s.
- Coşkun, T. (2005). Fonksiyonel besinlerin sağlığımız üzerine etkileri. *Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Dergisi*, 48(1), 61-84.
- Das, L., Bhaumik, E., Raychaudhuri, U., & Chakraborty, R. (2012). Role of nutraceuticals in human health. *Journal of food science and technology*, 49(2), 173-183.
- Dayısoylu, K. S., Gezginç, Y., & Cingöz, A. (2014). Fonksiyonel gıda mı, fonksiyonel bileşen mi? Gıdalarda fonksiyonellik. *Gıda*, 39(1), 57-62.
- DeFelice, S.L. (1994) What is a true nutraceutical? And what is the nature and size of the U.S. Market? <http://www.fimdefelice.org/archives/arc.whatisnut.html>.
- Dunne, C. P., & Kluter, R. A. (2001). Emerging non-thermal processing technologies: criteria for success. *Australian Journal of Dairy Technology*, 56(2), 109
- European Nutraceutical Association. Available from <https://www.enaonline.eu/> [Erişim Tarihi: 02.03.2020]
- Farr, D. R. (1997). Functional foods. *Cancer Letters*, 114(1-2), 59-63.
- Freeman MP (2000). Omega-3 fatty acids in psychiatry: a review. *Ann Clin Psychiatry*; 12: 159-165

- Gonzalez-Sarrias A, Larrosa M, García-Conesa MT, TomásBarberán FA, Espín JC. Nutraceuticals for older people: Facts, fictions and gaps in knowledge. *Maturitas*. 2013; 75(4): 313-334. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.05.006>
- Harborne, J. B., Baxter, H., & Moss, G. P. A. (1993). *A handbook of bioactive compounds from plants. Phytochemical dictionary.*
- Hardy, G. (2000). Nutraceuticals and functional foods: Introduction and meaning. *Nutrition (Burbank, Los Angeles County, Calif.)*, 16(7-8), 688.
- Hasler, C. M. (2002). Functional foods: benefits, concerns and challenges—a position paper from the American Council on Science and Health. *The Journal of nutrition*, 132(12), 3772-3781.
- Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., & Cofrades, S. (2001). Healthier meat and meat products: their role as functional foods. *Meat science*, 59(1), 5-13.
- Kalra, E. K. (2003). Nutraceutical-definition and introduction. *Aaps Pharmsci*, 5(3), 27-28.
- Kokate, CK, Purohit, AP ve Gokhale, SB (2002). *Nutrasötik ve kozmetik. Farmakognozi*, 21. baskı, Pune, Hindistan: Nirali Prakashan , 542-549.
- Korhonen, H. (2002). Technology options for new nutritional concepts. *International Journal of Dairy Technology*, 55(2), 79-88.
- Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview. *The scientific world journal*, 2013.
- Lamoureux, L., Roy, D., & Gauthier, S. F. (2002). Production of oligosaccharides in yogurt containing bifidobacteria and yogurt cultures. *Journal of Dairy Science*, 85(5), 1058-1069.
- Meriçli, A. H. (2017) *Nutrasötiklerin insan sağlığına katkıları. Bilimsel Tamamlayıcı Tıp Regülasyon ve Nöral Terapi Dergisi*, 11(1), 24-27.
- Miller, E. G., Gonzales-Sanders, A. P., Couvillon, A. M., Binnie, W. H., & Hasegawa, S. (1994). Citrus limonoids as inhibitors of oral carcinogenesis. *Food technology (Chicago)*, 48(11), 110-114.
- Özcan, M., Arslan, D., & Ünver, A. (2003). Fonksiyonel gıdalar ve fitokimyasallar. *Akademik Gıda*, 1(5), 40-45.
- Roberfroid, M. B. (1999). What is beneficial for health? The concept of functional food. *Food and Chemical Toxicology*, 37(9-10), 1039-1041.
- Roberfroid, M.B. (2000). What is Beneficial for health? The concept of functional food, *Food and Nutrition*, 16: 7-8.
- Shah, N. P. (2001). Functional foods from probiotics and prebiotics: Functional Foods from Probiotics and Prebiotics. *Food technology (Chicago)*, 55(11), 46-53.
- Sheehy, P. J. A., & Morrissey, P. A. (1998). Nutritional Aspects of Food Processing and Ingredients, Chapter 3- Functional Foods: Prospects and Perspectives. Eds. CJK Henry & NJ Heppell. Gaithersburg, AspenPublish-GfS, 45-65.
- Singh, D., and P. K. Chaudhuri. (2018). A review on phytochemical and pharmacological properties of Holy basil (*Ocimum sanctum L.*). *Industrial Crops and Products* 118:367–82. doi: 10.1016/ j.indcrop.2018.03.048.
- Wildman, R. E. (2016). *Handbook of nutraceuticals and functional foods.* CRC press.
- Young, R. J., & Huffman, S. (2003). Probiotic use in children. *Journal of Pediatric Health Care*, 17(6), 277-283.

## Yüzey sularından doğal organik madde hümkik asitin gideriminde PVDF membran ile filtrasyon uygulaması

Hande Bek (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6651-8932>), Derya Ünlü\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5240-5876>)

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye.

\*Sorumlu yazar e-mail: derya.unlu@btu.edu.tr

### Özet

Dünyada tüm su kaynaklarının sadece %0,03'ü içme suyu olarak kullanılmakta olup, suların kirlenmesi giderek artmaktadır. İçme sularındaki en önemli sorun yüzey sularında bulunan organik maddelerdir. Bu organik maddelerin yarısından fazlası ise humik asittir. Hümkik asit kısmen veya tamamen bitki örtüsünün ya da hayvan artıklarının çürümesi sonucu oluşan koyu renkli maddelerdir. Bu maddeler yağmur sularıyla birlikte yüzey sularına girmektedir. Yüzey sularına uygulanan dezenfeksiyon işlemi olan klorlama işlemi sonucunda klor, hümkik asit ile reaksiyona girmekte ve trihalometan ve haloasetik asit gibi insan sağlığına zararlı kanserojen özellikte yan ürünler oluşturmaktadır. Bu nedenle yüzey sularından hümkik asitin giderilmesi büyük önem taşımaktadır. Yüzey sularından hümkik asitin gideriminde kullanılan klasik yöntemlere alternatif ekonomik ve çevre dostu proseslerin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Membran teknolojisi geleneksel yöntemlere önemli bir alternatif prostedir. Membranlı filtrasyon tekniği ile hümkik asitin yüzey sularından giderilmesi mümkündür. Bu çalışmada da, Poliviniliden florür (PVDF) polimeri kullanılarak faz dönüşüm yöntemi ile gözenekli membranlar sentezlenmiştir. Sentezlenen bu membranlarla filtrasyon tekniği uygulanarak yüzey sulardan hümkik asitin giderimi incelenmiştir. Farklı konsantrasyonlarda hümkik asit içeren su kullanılarak membranın ayırma performansı test edilmiş ve sentezlenen PVDF membranın humik asitin gideriminde oldukça başarılı bir ayırma performansı sergilediği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Filtrasyon, Humik asit, Membran, Poliviniliden florür, Yüzey suları

### Filtration application with PVDF membrane in the removal of natural organic matter humic acid from surface water

#### Abstract

Only 0.03% of water resources are used as drinking water in the world and the pollution of water gradually increases. The most important problem in drinking water is organic substances in surface waters. More than half of these organic substances are humic acid. Humic acid which is formed partially or completely by the decay of vegetation or animal waste, is a dark-colored substance. These substances enter surface waters with rainwater. As a result of the chlorination process, which is a disinfection process applied to surface waters, chlorine reacts with humic acid and creates carcinogenic by-products such as trihalomethane and haloacetic acid. Trihalomethane and haloacetic acid are carcinogenic harmful to human health. Therefore, it is of capital importance to remove the humic acid from surface waters. To develop alternative, economical and environmentally friendly processes against the classical methods has been inevitable for the removal of humic acid from surface waters. Membrane technology is an important alternative to traditional methods. It is possible to remove humic acid from surface waters with the membrane filtration technique. In this study, porous membranes were synthesized using polyvinylidene fluoride (PVDF) polymer by the phase inversion method. The removal of humic acid from surface waters was investigated by using filtration technique with synthesized membranes. The separation performance of the membrane in different humic acid containing water concentrations was tested and different results were obtained in the separation performance of the synthesized PVDF membrane according to the concentration difference in humic acid removal.

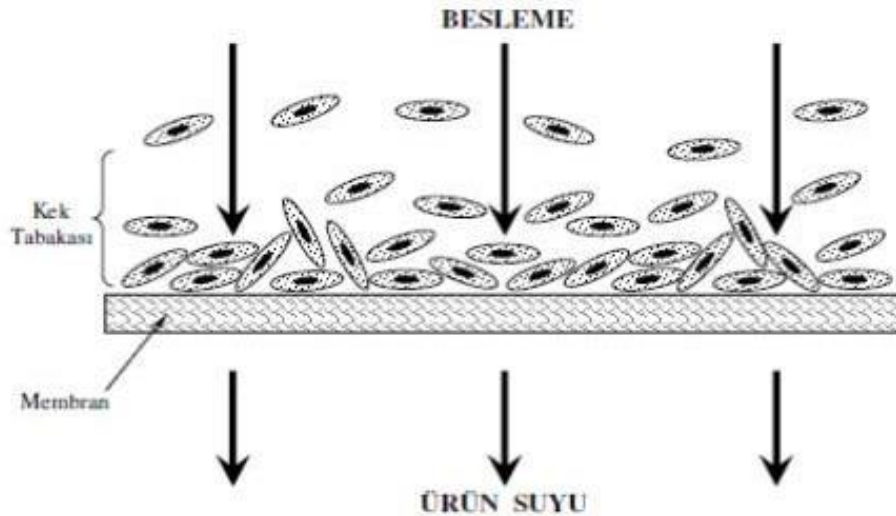
**Keywords:** Filtration, Humic acid, Membrane, Polyvinylidene fluoride, Surface waters.

## GİRİŞ

İçme sularındaki organik maddeler, suyun kalitesini etkileyen önemli faktörlerdir. Yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarında bulunan organik maddeler birçok probleme yol açabilir. Bu problemlerden en önemlisi ise, dezenfeksiyon amacıyla yapılan klorlama işlemi sonrasında klorla tepkimeye giren organik maddelerin oluşturduğu yan ürünlerin insan sağlığında uzun vadeli sorunlara neden olmasıdır. Bu organik maddelerin %50'sinden fazlası hümitik maddeler olup, en kritik kirletici maddelerdendir (Gümüş ve ark., 2013). Hümitik asit kısmen veya tamamen bitki örtüsünün ya da hayvan artıklarının çürümesi sonucu oluşan ve yağmur sularıyla birlikte yüzeysel sularına karışan maddelerdir. Hümitik maddeleri oluşturan üç temel madde vardır, bunlar; tamamen çözünmeyen hümin, suda pH değeri 2'nin altında ise çözünmeyen ancak daha yüksek pH değerlerinde çözünebilen hümitik asit ve herhangi bir pH değerinde çözünebilen fülvik asit. Hümitik asitler çözülmüş organik karbon grubunda yer almaktadır ve 5 mg/L değerinin üzerinde bulunduğunda, suyun rengini oldukça etkilemekte ve estetik olarak bir sorun haline gelmektedir (Oğuz ve ark., 2008; Ateşli, 2006).

Su kaynaklarından hümitik asitin arıtımında kullanılan yöntemler arasında ozonlama, biyofiltrasyon, adsorpsiyon, membran filtrasyon prosesleri birçok çalışmaya öncülük etmektedir. Bu yöntemler giderek geliştirilmekte ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Membran filtrasyon teknolojisi son yıllarda kullanılan avantajlı su arıtma proseslerinden biri olup, geliştirilen membran prosesleri sayesinde düşük kalitede olan suların güvenilir, emniyetli ve ekonomik olarak kullanımının mümkün olduğu kanıtlanmıştır (Gümüş ve ark., 2013). Membran teknolojisi kullanılmasının birçok avantajı vardır. Çıkış suyunun kalitesinin iyi olması, prosesin az alan kaplaması, kolay işletilmesi, proseste daha az kimyasal maddeye ihtiyaç duyulması, kirleticinin formuna ve kimyasına etki etmemesi ve maliyetin işlemler geliştirildikçe azalması en önemli avantajları olarak sıralanabilir (Aksu, 2019).

Membran filtrasyon prosesi, boyutu 0.1-10 µm aralığında olan partiküllerin yer aldığı sıvı veya gazların ayrılmasında kullanılmaktadır. İtici gücün basınç olduğu membran filtrasyon işleminde, besleme çözeltisi membrana Şekil 1'de de görüldüğü gibi dikey olarak beslenirken, partiküller veya askıda katı maddeler membran yüzeyinde tutularak, birikirler. Bu birikim membranın gözeneklerinde tıkanmaya zamanla yüzeyde film oluşmasına neden olur. Bu durum süzöntü akısında azalma ile sonuçlanır. Akının azalması ayırmanın gerçekleşmediği anlamına gelir ve bu durumdan membranın temizlenmesi veya değiştirilmesi gerekir (Scott, 2006). Bu yüzden membran sentezinde kontrol sağlanmalı ve parametrelerin optimize edilerek istenen sonuçlara ulaşılması amaçlanmalıdır.



Şekil 1. Membran filtrasyon yönteminde dikey yönlü akış modeli (Naharcı, 2007)

Filtrasyon sisteminde kullanılacak membranların ayırma performansını etkileyen, membran yapısına göre giderimi etkileyecek önemli parametreler vardır. Bunlar; membran sentezinde kullanılacak malzemenin türü, membranın gözenek boyutu ve dağılımı, yüzey yükü, hidrofobik veya hidrofilik özelliği ve membran kalınlığıdır. Bu çalışmada kullanılacak PVDF polimeri kullanılarak membran sentezi gerçekleştirilecektir. Gözenek boyutu dağılımının da dar olması iyi ayırma verimi sağlar (Bayar, 2017). PVDF'in hidrofobik özelliği ile membran gözeneklerine sulu çözeltinin girmesi önlenir. Bu nedenle, yüksek bir reddetme performansı altında yüksek permeat akısına sahip membranın daha iyi hidrofobik özellik göstermesi ve daha büyük gözenek hacmine sahip olması beklenmektedir (Kuo ve ark., 2008). Membran sentezinde genel olarak kullanılan birçok kimyasal malzeme mevcuttur. Malzeme seçimi ayırma oranı, membran morfolojisi ve sistem koşulları dikkate alınarak yapılmalıdır. Bununla birlikte kimyasal, mekanik ve termal dayanıma dikkat edilmeli ve yüksek geçirgenlik ile seçicilik ideal olarak beklenen özelliklerden olmalıdır (Su ve Çevre Teknolojileri, 2018). PVDF'in seçiminde bu özellikleri barındırması önemli bir faktördür.

Mikrofiltrasyon gözenek boyutları 0.1 ile 1.4 µm aralığında değişen itici gücün basınç olduğu membran destekli bir filtrasyon prosesidir. Sıvı ve gazlardaki partikülleri ayırmak için kullanılır. Kullanılan membran 0.1 ile 1.4 µm aralığındaki partiküllerin membrandan geçişine izin verirken, daha büyük partiküllerin membran yüzeyinde tutunmasını sağlar. Böylece partikül boyutuna göre ayırma işlemi tamamlanmış olur. Genelde büyük ölçekli ayırmalarda tek kullanımlık modüller tercih edilir. Membran alanı başına filtrenin partikül tutma kapasitesi 100-300 g/m<sup>2</sup> arasındadır (Aslan, 2016).

Bu çalışmada, Polivinilidenflorür (PVDF) polimeri kullanılarak faz dönüşüm yöntemi ile gözenekli membranlar sentezlenmesi ve sentezlenen bu membranlarla mikrofiltrasyon tekniği uygulanarak yüzey sularından humik asitin giderilmesi hedeflenmiştir. Farklı hümitik asit konsantrasyonlarında su kullanılarak membranın ayırma performansı test edilmiştir. Farklı besleme konsantrasyonlarının ayırma performansına etkisi incelenmiştir. Membranların yapısal morfolojisi SEM analizi kullanılarak karakterize edilmiştir.

## **MATERYAL VE METOD**

### **Materyal**

Membran sentezinde kullanılan Polivinilidiflorür Solvay firmasından temin edilmiştir. Dimetilformamid ((HCON(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>) ve Hümitik asit Sigma Aldrich'ten satın alınmıştır. Deneysel çalışmalarda ayrıca distile saf su kullanılmıştır.

### **PVDF Membran Sentezi**

Ağırlıkça %5 PVDF dimetilformaamidde çözülerek membran çözeltisi hazırlanmıştır. Homojen bir yapı oluşturmak için manyetik karıştırıcıda, oda sıcaklığında çözme işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan çözelti nonwoven yüzeye ince şekilde kaplanarak su banyosuna daldırılmıştır ve faz değişiminin oluşması sağlanmıştır. Su banyosu işleminden sonra membranlar oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır.

### **Hümitik Asit Çözeltisinin Hazırlanması**

Giderim için kullanılacak hümitik asit çözeltisi farklı konsantrasyonlarda hazırlanarak, besleme konsantrasyonunun hümitik asit giderimindeki etkisi incelenmiştir. Besleme hümitik asit konsantrasyonu 2.5, 5 ve 15 ppm olarak hazırlanmıştır.

### **Membran Filtrasyon Sistemiyle Ayırma Deneyleri**

Su kaynaklarından hümitik asitin giderimi için membran filtrasyon deneyleri gerçekleştirilmiştir. Kullanılan deney düzeneği Şekil 2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Membran filtrasyon deney sistemi

Membran filtrasyon metodunda, filtre edilen sıvı numunesinde hümik asit filtreden geçemeyerek filtre yüzeyinde tutulmaktadır. Besleme karışımının gözeneklere sahip membran filtre kağıdı üzerinden vakum desteği ile süzülmesi membran filtrasyon sistemi ile gerçekleşir. Böylece ayrılması (giderilmesi) istenen bileşen hümik asit membran filtre üzerinde tutulmuş olur. Bu çalışmada üretilen membranların hümik asiti tutması beklenmektedir. Bu filtrasyon işlemi sonucunda yüzey sularından organik madde giderimi sağlanmış olur. Geçen akımdaki hümik asit konsantrasyonu 254 nm’de UV-Vis spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir. Bu analiz sonucunda da aşağıdaki (1) denkleminin yardımıyla hümik asit reddinin yüzdesel hesabı yapılmıştır. Denklem 1’de R hümik asit reddini,  $c_f$  besleme akım tarafındaki hümik asit konsantrasyonunu,  $c_p$  ise geçen akım tarafındaki hümik asit konsantrasyonunu ifade etmektedir.

$$R = \frac{c_f - c_p}{c_f} \times 100 \quad (1)$$

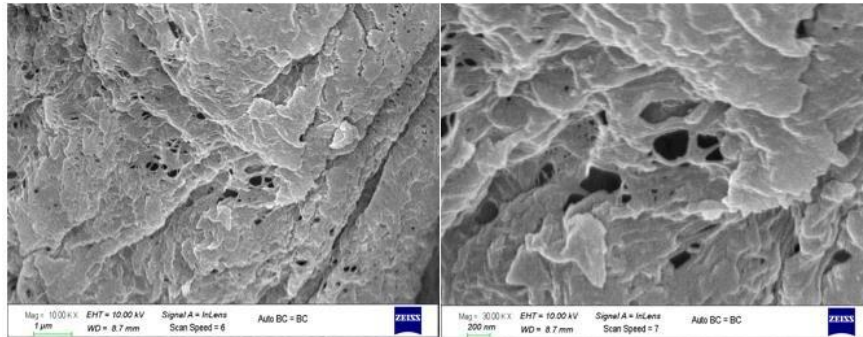
### Membran Yüzey Morfolojisi Karakterizasyonu

Membranın morfolojik yapısı Carl Zeiss / Gemini 300 taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. Gözenek yapısı ve dağılımı SEM analizi ile gözlemlenmiştir.

### BULGULAR ve TARTIŞMA

#### Membran Morfolojisi

PVDF membranların yapısal morfolojisini araştırmak için SEM analizi yapıldı. Membranın kesit görüntüleri alındı. Şekil 3’te analiz sonucu elde edilen farklı büyütme oranlarındaki SEM fotoğrafları verilmiştir.



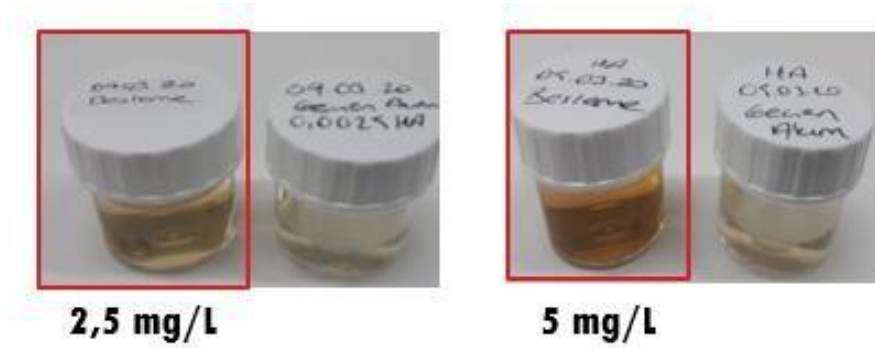
Şekil 3. PVDF membranın SEM görüntüsü



SEM görüntüleri, membranın gözenekli bir yapıda olduğunu göstermektedir. Gözenek dağılımının bazı bölgelerde daha yoğun bazı bölgelerde ise oluşmadığı görülmüştür. Bu nedenle üretilen membranların geliştirilmesi, daha homojen bir yapı elde edilmesi yönünden çalışmalar yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

### Membran Filtrasyon Sonuçları

Yüzey sularından hümik asit giderimi için yapılan ayırma prosesinde besleme konsantrasyonunun etkisini incelemek için Şekil 4'te de görüldüğü üzere farklı konsantrasyonlarda hümik asit çözeltisi hazırlanarak filtrasyon işlemleri gerçekleştirildi.



Şekil 4. Hümik asit çözeltilerinin besleme ve geçen akım numuneleri

Membran filtrasyon işleminden sonra alınan numunelere bakıldığında Şekil 4.'te de görüldüğü gibi gözle görülebilir bir renk farkı gözlemlenmiştir. Bu gözlem ile PVDF membranın ayırma performansında saf su geçirgenlik performansının yüksek olduğu söylenebilmektedir.

Filtreleme işlemi sırasında su akışı, membran performansını değerlendirmek için en önemli parametrelerden biridir. Membranların kirlilik önleyici özellikleri doğrudan akı düşüşü ile incelenebilir. Her PVDF membran çalışmasında beslemeden geçen akı ilk 15 dakika boyunca hızlı bir şekilde düşüş göstermiş ve daha sonra yavaşça azalmıştır. Akılar 60 dakika içinde stabil hale gelmiş ve işlem sonlandırılmıştır. Şekil 5'te filtrasyon işleminde kullanılan membranlar görülmektedir.



Şekil 5. Filtrasyon işleminde kullanılan PVDF membranlar

Filtrasyon proseslerindeki akı düşüşü, esas olarak membran tıkanması, kek oluşumu ve konsantrasyon polarizasyonu kaynaklı membran kirlenmesi ile ilgili olduğu söylenebilir.

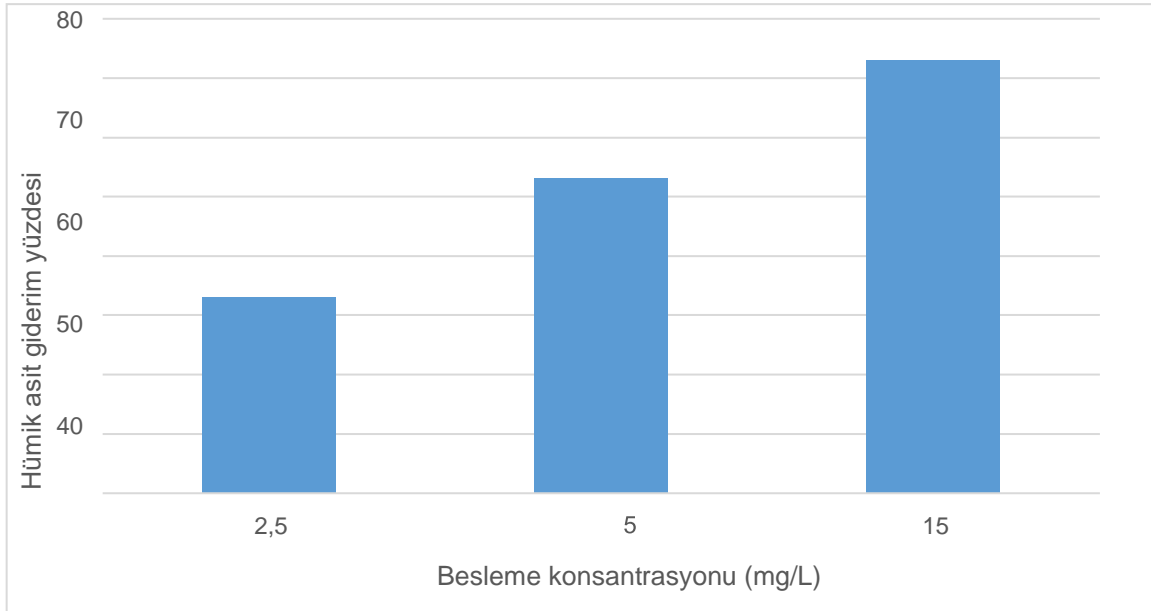
Hazırlanan PVDF membranı kullanılarak hümik asit gideriminin değerlendirilmesi için UV<sub>254</sub> analizi için besleme çözeltisi ve geçen akımdan su numunesi alınmıştır. Alınan numuneler 254 nm'de analiz edilmiştir. UV<sub>254</sub> genellikle

aromatik yapı, karbonil veya olefinlere sahip bir organik madde türü olan hümik benzeri fraksiyonları temsil etmektedir. Bu bileşenler, hidrofobik ve nispi yüksek moleküler ağırlıklarından dolayı PVDF membranı tarafından daha kolay reddedilir. Bu analiz sonucunda da elde edilen humik asit giderim yüzdesi değerleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 1.** Besleme konsantrasyonunun hümik asit giderimine etkisi

Besleme konsantrasyonu (ppm)	Hümik asit giderim yüzdesi (%)
2,5	33
5	53
15	75

Tablo 1.’de besleme konsantrasyonunun hümik asit giderimine etkisi görülmektedir. 2.5, 5 ve 15 mg/L besleme konsantrasyonuna sahip hümik asit çözeltileriyle çalışılmıştır. Şekil 6.’da görüldüğü üzere besleme konsantrasyonunun derişikliği arttıkça giderimde doğrusal bir artış vardır ve daha verimli sonuçlar elde edilmiştir. Beslemede humik asit konsantrasyonu arttıkça giderim yüzdesi artmıştır. Bu beklenen bir sonuçtur. Humik asit negatif yüklü bir kimyasal bileşendir. PVDF membranda saf halde negatif yüklü davranış sergiler (Kakahana ve ark. 2017). Aynı yüklü oldukları için birbirlerini itme kuvveti artmakta ve humik asit membran yüzeyinden itilmektedir. Bu da giderim yüzdesinde artışa neden olmaktadır.



**Şekil 6.** Besleme konsantrasyonunun humik asit giderim yüzdesine etkisi

## SONUÇ

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda hümik asit gideriminde hazırlanan çözeltilerin konsantrasyonunun etkili olduğu görülmektedir. Çözeltilerin derişikliği arttıkça giderimde olumlu sonuçlara ulaşılmıştır. Giderimde en iyi verimi 15 mg/L hümik asit konsantrasyonu içeren çözeltiler sağlamıştır. %75 humik asit giderimi elde edilmiştir. Hazırlanan PVDF membranın kimyasal yapısı incelendiğinde, SEM analiziyle membranların morfolojisi incelendiğinde gözeneklerin oluşumu gözlemlenmiştir. Bu çalışma ile suların membran filtrasyonu ile humik asidin başarılı bir şekilde giderilebileceği yapılan çalışmalarla belirlenmiş olup, istenilen saflıkta suyun eldesinin uygun membranlarla mümkün olacağı sonucuna varılmıştır. Membranların sentezinde koşulların optimize edilmesiyle daha etkili olabileceği ön görülmüştür. Yapılan çalışmaların sonucuna göre farklı operasyon parametrelerinin derişimindeki etkilerin incelenmesi hedeflenerek daha başarılı sonuçlar elde edileceği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Aksu, H., (2019). ‘Türkiye’de İçmesuyu Arıtımında Membran Uygulamaları ve Uygulama Aşamasında Karşılaşılan İşletme Problemleri’, Uzmanlık Tezi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı.
- Aslan, M., (2016). Membran Teknolojileri, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 286.
- Ateşli, A., (2006). ‘Hüyük Maddelerin İçme Suyu Dezenfeksiyonu Prosesine Etkileri’, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.
- Bayar, S., (2017). ‘Batık Membran Biyoreaktörlerde(Mbr) Eş Zamanlı Elektrofilyasyon ve Elektrokogülasyon Uygulamaları ile Membran Kirlenmesinin Azaltılması’, Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.
- Gümüş, D., Akbal, F., (2013). Removal of Natural Organic Matter in Drinking Waters and Prevention of Trihalomethanes Formation, Sigma: Journal of Engineering& Natural Sciences/Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 31(4).
- Kakihana, Y., Cheng, L., Fang, L.-F., Wang, S.-Y., Jeon, S., Saeki, D., Matsuyama, H. (2017). Preparation of positively charged PVDF membranes with improved antibacterial activity by blending modification: Effect of change in membrane surface material properties. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 533, 133–139.
- Kuo, C. Y., Lin, H. N., Tsai, H. A., Wang, D. M., Lai, J. Y., (2008). Fabrication of a high hydrophobic PVDF membrane via nonsolvent induced phase separation. Desalination, 233(1-3), 40-47.
- Meng, X., Tang, W., Wang, L., Wang, X., Huang, D., Chen, H., Zhang, N., (2015). Mechanism analysis of membrane fouling behaviour by humic acid using atomic force microscopy: Effect of solution pH and hydrophilicity of PVDF ultrafiltration membrane interface. Journal of Membrane Science, 487, 180-188.
- Naharcı, B., (2007). ‘Ters Osmoz Yöntemi ile İçmesuyu Elde Edilmesinin Araştırılması’, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi.
- Oguz, E., Tortum, A., Keskinler, B., (2008). Determination of the apparent rate constants of the degradation of humic substances by ozonation and modelling of the removal of humic substances from the aqueous solutions with neural network. Journal of Hazardous Materials, 157 (2008) 455-463.
- Scott, K., (2006). ‘Handbook of Industrial Membranes’, 2<sup>nd</sup> Edition, Elsevier.
- Su ve Çevre Teknolojileri Dergisi, ‘Membranlar ve Sınıflandırılması’, Sayı 125, Aralık 2018.
- Thurman, E. M., (2012). Organic geochemistry of natural waters (Vol.2). Springer Science&Business Media.
- Yuan, W., Zydney, A. L., (1999). Humic acid fouling during microfiltration. Journal of Membrane Science, 157(1), 1-12.

## Investigation of the effect of special purpose printing pastes on fabric color values

Alev Erenler (<https://orcid.org/0000-0002-4205-2066>)  
Sinop University, Gerze Vocational School, Sinop, Turkey  
Corresponding author e-mail: aleverenler@gmail.com

### Abstract

In this study, the effect of 4 different ready-made printing pastes used on the market to obtain different fabric effects on fabric color values were investigated. In this study, CIELab color values of the fabrics which were printed using the same amount of 4 different printing paste for the same printing recipe were compared. When the obtained results were examined, it was found that each printing paste showed a difference in fabric color in terms of both lightness-darkness ( $L^*$ ), redness-foilage ( $a^*$ ) and jaundice-blue ( $b^*$ ) values.

**Keywords:** Printing Pastes, CIELab Values, Silver Paste, Phosphorus Paste, Pearl Paste

### Özel amaçlı baskı patlarının kumaş renk değerlerine etkisinin incelenmesi

#### Özet

Bu çalışmada, piyasada farklı kumaş efektleri elde etmek için kullanılan 4 farklı hazır baskı patının kumaş renk değerleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, aynı baskı reçetesi için aynı miktarda 4 farklı baskı patı kullanılarak basılan kumaşların CIELab renk değerleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, her bir baskı patının, açıklık-koyuluk ( $L^*$ ), kırmızılık-yeşillik ( $a^*$ ) ve sarılık-mavilik ( $b^*$ ) değerleri açısından kumaş renginde ciddi bir renk değişimi gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Baskı Patları, CIELab Değerleri, Gümüş Patı, Fosfor Patı, Sedef Patı

### INTRODUCTION

The rapid progress of the fashion sector leads to the rapid development of product appearance features. In this context, it is tried to get different effects at the printing, dyeing and finishing treatments by the help of various methods and chemicals and to increase the product diversity. Within the framework of these studies, printing technology, which is a method developed for the coloration of the fabric, has become a method used to obtain different surface appearance effects and different properties over time. Pigment printing technique, which is the preferred printing technique especially in this study, is a widely preferred method because of its advantages such as easy application in textile coloring processes and not requiring washing at the end of the process. Today, a wide variety of printing pastes are available in the textile chemicals market, developed to achieve different fabric effects for every printing technique. In addition to providing various appearance effects on the surface of the fabric, these pastes can affect the color of the fabric due to the chemical structures it contains. This makes the color fastening more difficult, which already creates great problems at textile finishing flats. For this reason, it is obvious that knowing the effects of these pastes on the fabric color will make it easier for color fastening at finishing flats. In this context, in the literature on printing color yield; In 2014 Tutak and Bilget tried to obtain a functional fabric by adding nano sized silver / zinc metal particles to the pigment printing paste. And in the scope of the study, they examined the effect of silver / zinc nanoparticles added to the paste on fabric color values and fastness properties. As a result of the study they found that the nanoparticles change the color coordinates[1]. Özgüney and Özkaya (2007) in their study investigated the relationship between the color change of reactive dyes in the fixing conditions of reactive dyed cotton knitted fabrics and the dyestuffs. Firstly, the relationship was investigated between the type of reactive dyestuffs' chromophore group and color change in fabrics after heat treatment. Then, thermal sensitivities of reactive dyestuffs are discussed more broadly. In addition, the effects of dyeing darkness on color change of fabric after heat treatment were investigated. Fabrics were evaluated using the color space  $L^* a^* b^*$  coordinates of CIE (Commission International d'Eclairage) 1976. As a result of the experiments, they determined that the thermal sensitivities of the dyestuffs cannot be generalized considering the genus of chromophore group which determines the colority in the dyestuff molecule, and that each dyestuff has thermal sensitivity according to its own molecular structure [2]. In their study Özgüney and Özkaya 2008, was investigated that the relationship

between the color change occurring under the fixing conditions of the piece printing on cotton knitted fabrics and the softening agent used in the finishing process. In this context, by selecting softeners among cationic, nonionic and silicone ones, the effect of softeners over the color change on the cotton fabrics under the part printing fixing circumstances and on mostly seen as sallowing of the fabric[3]. Kanık and Selcuk (2010) investigated the effects of various thickeners used in pre-impregnation processes for reactive ink jet printing on print quality. In the study pre-treated fabrics were printed with Cyan, Magenta, Yellow and Black (CMYK colors) which are the basic process colors, and color yield (K / S value), penetration degree, contour clarity, washing fastness and rubbing fastness were evaluated by the results. The results showed that the most suitable thickener type is high viscous alginate [4]. Onar Çatal, Özgüney and Akçakoca Kumbasar investigated the effect of rheological properties of pre-treatment thickeners on print quality and color yield in their 2012 study. In the study, they investigated the effect of rheological properties of pre-treatment pastes prepared with different types of thickeners on the amount of pasted paste, penetration rates and color yields. As a result, they showed that the rheological properties of pre-treatment pastes in ink-jet printing had no significant effect on color yield and print quality under the applied conditions [5]. In 2012, Gemci, Solak and Serin aimed to give cellulose based fabrics a printing effect without using dyes in the pat. At the scope of the study, samples with different weaving types and fabric weights were printed by template printing method using sodium hydroxide instead of dyestuff and then colored by impregnation method. Color yields of printed fabrics under different light sources were observed and fastness values were measured. With this method, they found that cellulose-based fabrics were given a printing effect and that the printing clarity changed according to the color tone used and the weight of the fabric. They have observed that the fastness values of the fabrics are varying between 4 and 5 [6].

In this study, it was investigated that the effects on fabric color values, of 4 different printing pastes which are commonly used on the market to obtain different effects on fabric surface. In the study, CIELab color values of the fabrics printed with pigment printing technique were compared using the same amount of 4 different printing paste for the same printing recipe for red color and it was determined whether there was a difference between the color values. Thus, it was investigated that the effect of different printing pastes which used for the same dye recipe on color values.

## MATERIAL AND METHOD

### 2.1 Material

Within the scope of the study, 100% polyester fabric with a weight of 103 g / m<sup>2</sup> woven with 3/1 Z twill weave was used. 4 different special purpose printing paste, which is given in Table 1, which was developed to give different effects to the fabric, was applied separately by pigment printing method and 4 different sample fabrics were obtained. Other materials used in printing are given in Table 2.

Table 1. Properties of Used Pastes

Materials Name	Materials Properties	Company
Pigmacolor Glitter Silver Paste	Water based ready-to-use silvery printing paste for Glitter printing	Kemiteks
Pigmacolor Metallic Paste	Ready-to-use water-based printing paste for metallic printing that can be applied to most types of fabrics.	Kemiteks
Pigmacolor Phosphore Paste	phosphorous paste	Kemiteks
Pigmacolor Pigmapearl	Ready-to-use water based printing paste formulated to give printed fabrics an attractive pearl appearance.	Kemiteks

Table 2. Other Used Materials

Materials Name	Materials Properties	Company
Binder	Binder	Bersa Chemistry
Tickener	Tickener	Bersa Chemistry
Bercolin RED BA	Pigment dyestuff	Bersa Chemistry

## 2.2 Method

Firstly the main pat was prepared. The main pat was prepared by using the recipe given in Table 3. Subsequently, 4 different printing pastes were prepared by using this main paste and dyestuff and special purpose printing pastes in Table 1 by using the recipe given in Table 4. Although special purpose printing pastes can be used as the main pat alone, it is preferred to be used not alone and mixed with the main pat in terms of cost. Therefore, a systematic approach like this has been used in this study.

Table 3. Main Pat Receipt

Materials	Units
Binder	160 gr/lt
Tickener	20 gr/lt
Destiled water	820 ml/lt

Table 4. Printing Pastes Receipt

Materials	Units
Main Pat	75 gr
Dyestuff	1 gr
Special Printing Paste	24 gr

On the other hand, without using any special purpose printing paste, 99 gr master paste and 1 gr dyestuff mixed printing paste was prepared and the control sample was printed. The printing process was done using the template printing technique. After printing, the samples were dried in the drying oven at 120°C for 1.5 minutes. Information on sample fabrics is given in Table 5.

Table 5. Sample Fabrics Properties and Codes

Fabric Codes	Used Special Paste
XX	Control Sample without Special Paste
1	With Pigmacolor Pigmapearl
2	With Pigmacolor Metallic Paste
3	Pigmacolor Phosphore Paste
4	Pigmacolor Glitter Silver Paste

Color measurements of the samples obtained after printing were measured with Konicaminolta 3600d spectrophotometer under D65 daylight and 10° viewpoint and calculations were made with Color Mission® CM Plus software. The results of the color values were evaluated with the help of CIELab L\* a\* b\* reflection color coordinates. Also it was evaluated that the colour change by using CIELab  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$  and  $\Delta E$  color differences which were calculated by comparing each sample with XX coded control sample.

## RESULTS AND DISCUSSION

The L\*, a\* and b\* values obtained as a result of the measurements within the scope of the study are given in Table 6. When the results were examined, it was determined that all of the special-purpose printing pastes caused a significant change in the fabric color values. In terms of total color difference ( $\Delta E$ ), the lowest difference was seen in sample 1 with 3,267 and the highest difference was seen in sample 2 with 5,528. In

terms of  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  values, sample 1 gave the opposite values of the other 3 samples in terms of all three parameters. Pat number 1 which developed to give the appearance of pearl to the fabrics increased the  $L^*$  (lightness-darkness) value of the sample fabric (so lightened), while the other pastes decreased the  $L^*$  value, (so darkened) the color. In terms of  $a^*$  value, pat number 1 shifted the fabric color to green while other pastes increased redness. In terms of the  $b^*$  value, sample number 1 appeared in blue and other samples appeared in yellow. In addition, when we look at the results of Pat number 4 containing silver, it is seen that Tutak and Bilget (2014) are consistent with the studies in the literature.

Table 6. CIELab Values

Fabric Code	Special Paste	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta L$	$\Delta a$	$\Delta b$	$\Delta E$
XX	Without Special Paste	51,613	44,251	-0,339	-	-	-	-
1	With Pigmacolor Pigmapearl	53,489	41,727	-1,223	1,876	-2,524	-0,884	3,267
2	With Pigmacolor Metallic Paste	47,402	46,580	2,382	-4,211	2,329	2,721	5,528
3	Pigmacolor Phosphore Paste	49,582	46,629	1,253	-2,031	2,378	1,592	3,509
4	Pigmacolor Glitter Silver Paste	48,571	47,906	2,194	-3,042	3,655	2,533	5,388

## CONCLUSION

In this study, the effects of some printing pastes on the fabric color values were investigated in order to obtain different image effects on the fabric surface. The results of the study are listed below.

It was found that each of the 4 different printing pastes tested in the study caused significant changes in the fabric color values both color difference ( $\Delta E$ ) and  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  color coordinates.

When the data in terms of  $L^*$  (lightness-darkness) value of the fabric was examined, it was determined that the paste number 1, which was developed to give the appearance of pearl, lightened the color of the sample fabric and the silver, phosphor boron and metallic pastes darkened the color of the fabric.

When the data are examined in terms of  $a^*$  (redness-greenness) value of the fabric, pearl paste shifted the sample fabric color to green while the other pastes increased redness.

When the data are examined in terms of  $b^*$  (yellowness-blueness) value of the fabric, the pearl paste applied sample appeared more blue and the other samples appeared yellow.

When the results were examined, the study revealed that using special purpose pastes is an important point that should be taken into consideration about colour fastening which is one of the biggest problems of textile finishing flats.

## ACKNOWLEDGMENT

I would like to thank lecturer Yusuf DEMİREL for his contributions at the scope of the study.

## REFERENCES

- Tutak M., Bilget Ö., 2014. Pigment Baskı Patı İle Basılmış Nano Boyutta Gümüş/Çinko Partiküllerin Renk Performansı Üzerine Etkisi, *Tekstil ve Mühendis*, Vol 21, 13-17.
- Özgüney A. T., Özkaya K., 2007. Investigation Of Colour Change Tendency Of Reactive Dyed Knitted Fabrics After Curing In Screen Printing, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol 3, 192-199.
- Özgüney A. T., Özkaya K., 2008. Effects Of The Softeners On The Colour Change Which Occurs During The Curing Of Cotton Fabric In Screen Printing Conditions, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol 2, 121-129.
- Kanık M., Selçuk E., 2010. Ön Emdirme İşleminde Kullanılan Kıvamlaştırıcı Türünün Reaktif Ink Jet Baskı Kalitesi Üzerine Etkileri, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Vol 15(1), 41-51.

- Onar Çatal D., Özgüney A.T., Akçakoca Kumbasar E.P., 2012. The Influence Of Rheological Properties Of The Pretreatment Thickeners On Ink-Jet Printing Quality, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol 4, 309-316.
- Gemci R., Kurt M., Solak H.H., Serin S., 2012. Printing Of Cellulose-Based Fabrics With Sodium Hydroxide And Investigating Color Efficiency And Fastness Properties of These Fabrics, *Tekstil ve Konfeksiyon*, Vol3, 240-247.



## A green multicomponent synthesis of pyrimido[4,5-*b*]quinoline derivatives

Kadir Turhan\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7718-1618>), Zühal Turgut (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9843-3415>)

Yildiz Technical University, Faculty of Art and Sciences, Department of Chemistry, Istanbul, Turkey

\* Corresponding author e-mail: kturhan@yildiz.edu.tr

### Abstract

Today, the importance of uracil and annulated derivatives is well recognized by synthetic as well as biological chemists. With the development of clinically useful anticancer and antiviral drugs, there has recently been a remarkable interest in the synthetic manipulations of uracils. In this context, pyrimido[4,5-*b*]quinolines have been the most thoroughly investigated and this scaffold is associated with a wide range of biological activities, such as antimalarial, anti-inflammatory, anthelmintic, antibacterial, antiasthmatic and antiplatelet. Several methods have already been reported for the synthesis of pyrimido[4,5-*b*]quinolines.

In recent years, multicomponent reactions (MCRs) leading to interesting heterocyclic scaffolds have been particularly useful for the construction of diverse chemical libraries of drug-like molecules. These types of reactions are especially attractive due to features such as atom economy, operational simplicity and straightforward reaction design.

In our study, the one-pot, three-component condensation of 6-amino-1,3-dimethyluracil, with aryl aldehydes and dimedone (5,5-dimethyl-1,3-cyclohexanedione) to generate a series of pyrimido[4,5-*b*]quinoline derivatives was synthesized under reflux conditions.

All the compounds were characterized by spectroscopic methods (FTIR, <sup>1</sup>H NMR, <sup>13</sup>C NMR and EA) after the purification processes. Simple performance and work-up procedures and high yields are some of the advantages of this method.

**Keywords:** One-pot, pyrimido[4,5-*b*]quinoline, multicomponent reaction, green chemistry

### INTRODUCTION

Quinolines, the well-known class of heterocyclic alkaloids, are interesting synthetic targets in pharmaceutical industries and laboratories due to their diverse biological activities (Benedetti et al., 2004; Perzyna et al., 2004; Benkovic et al., 2005; Joshi and Viswanathan Jashi et al., 2006; Klingenstein et al., 2006; El-Gazzar et al., 2009). Actually, these compounds have been reputed as key structural motifs in a wide array of bioactive drugs such as quinine, chloroquine, hydroxychloroquine, mefloquine, luotonine-A and camptothecin (Calus et al., 2007; Nemati, 2013). Besides, pyrimidine-containing scaffolds have been interesting due to their biological potencies such as AbI kinase inhibitor (Huron et al., 2003), tyrosine phosphatase inhibitor (Berthel et al., 2004, and anti-viral and calcium channel antagonist activities (Wang et al., 2004).

The quinoline ring and its derivatives play an important role in the development of new anti-cancer agents, as they show very good results through different mechanisms of action, such as cell cycle arrest, apoptosis (programmed cell death), inhibition of angiogenesis, disruption of cell migration, modulation of nuclear receptor response, and as growth inhibitors. The biological significance of fused ring pyrimidoquinoline compounds increases as they have a uracil ring (Abbas et al., 2011; Azimi, 2014; Jain et al., 2019).

Efficiency and environmental sustainability are central issues in organic chemistry. Both need to be carefully considered when making a target molecule in several different steps. As far as possible, the most efficient approach is to synthesize the target in a single reaction vessel. This approach is often referred to as 'one pot' and can be applied to a multi-step reaction synthesis. This method has been widely used in synthetic organic chemistry for a long time. For example, Robinson's single-pot synthesis of tropinone is a significant achievement in organic chemistry, reported nearly 100 years ago (Hayashi, 2016).

One-pot reactions, in which several series of reactions are performed in the same reaction medium, are one of the best methods to run greener synthesis. Chemistry prefers the one-pot method, which is a greener process due to the reduction in the number of working procedures and required purification steps, especially in organic synthesis. In reactions that require a catalyst, it is possible to combine several reaction catalysts in the same reaction vessel. We see the power and benefits of multicomponent reactions where more than one synthetic transformation is carried out in a reaction vessel (Bhaskaruni et al., 2020; Gholami et al., 2020; Tabatabaeian et al., 2013).

Herein, a practical method for synthesis of pyrimido[4,5-*b*]quinolines (**QD 1-3**) is reported. They were synthesized via one-pot, three-component condensation of 6-amino-1,3-dimethyluracil, benzaldehydes and dimedone in ethanol under reflux conditions. High yields, saving energy by employing multicomponent reactions and non-use of catalysts are some of the advantages of this study.

## MATERIALS AND METHODS

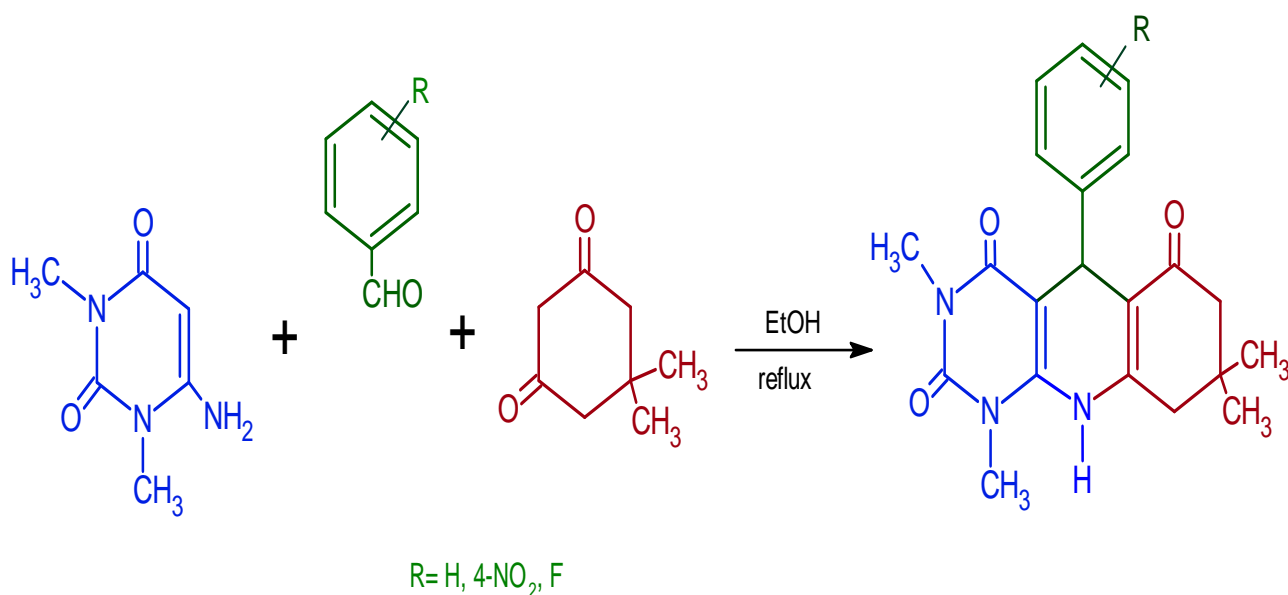
### Materials and Characterization Techniques

All solvents and materials used in this study were purchased from Merck Chemical Companies and used without any further purification. Solvents were distilled before being applied. To ensure the purity of materials, they were checked with thin layer chromatography (TLC) on Merck 5554 silica-gel UV 254 plates, and their melting points were compared with authenticated melting points in Merck and Aldrich indexes.

The Stuart melting point apparatus in capillary tubes determined the melting points. FT-IR spectra were recorded on a Perkin-Elmer spectrum with ATR head for solid samples. <sup>1</sup>H NMR and <sup>13</sup>C NMR spectra were recorded on a Bruker AV-400 using TMS as internal standard and chloroform-*d*(CDCl<sub>3</sub>) as solvent. Elemental analysis of the synthesized compounds was done by Flash EA 1112 Series device.

## EXPERIMENTALS

### Synthesis of Pyrimido[4,5-*b*]quinoline Compounds



**Figure 1.** General scheme of the reaction

### General procedure for the synthesis of pyrimido[4,5-*b*]quinoline derivatives

The starting materials - benzaldehyde or substituted benzaldehyde (2 mmol), dimedone (2 mmol), and 2,6-dimethyluracil (2 mmol) were stirred with a magnetic stirrer for 4 hours and boiled in 5 mL of ethyl alcohol (EtOH) under reflux at 80 °C (Figure 1). The reaction was then terminated by TLC control of the crude product compared to the starting materials. After completing the reaction, the mixture was cooled to room temperature, filtered off, and recrystallized from ethanol.

**1,3,8,8-Tetramethyl-5-phenyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-b]quinoline-2,4,6(1H,3H,7H)trione**

**(QD1; C<sub>21</sub>H<sub>23</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>)**

m.p. 268-270 °C; FTIR (ATR) v: 3353, 3196, 2955, 1698, 1651, 1610, 1584, 1504, 1408, 1360, 1253, 1168, 931, 816 cm<sup>-1</sup>; <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 1.11 (s, CH<sub>3</sub>, 6H), 1.23 (s, CH<sub>3</sub>, 6H), 2.33 (d, J = 16.4 Hz, CH<sub>2</sub>, 1H), 2.46 (d, J = 13.3 Hz, CH<sub>2</sub>, 1H), 2.56 (d, J = 13.3 Hz, COCH<sub>2</sub>, 2H), 3.29 (s, NCH<sub>3</sub>, 3H), 3.52 (s, NCH<sub>3</sub>, 3H), 5.65 (s, CH, 1H), 7.12-7.30 (m, aromatic-H, 5H), 12.78 (s, NH, 1H) ppm; <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 27.36, 27.45, 28.73, 29.60, 29.70, 29.99, 31.53, 33.50, 44.79, 49.56, 89.97, 114.28, 125.97, 126.43, 128.21, 128.33, 138.62, 150.59, 154.35, 164.29, 199.37 ppm. Anal. Calcd. for C<sub>21</sub>H<sub>23</sub>N<sub>3</sub>O<sub>3</sub>: C 69.02, H 6.34, N 11.50; Found: C 69.11, H 6.30, N 11.48.

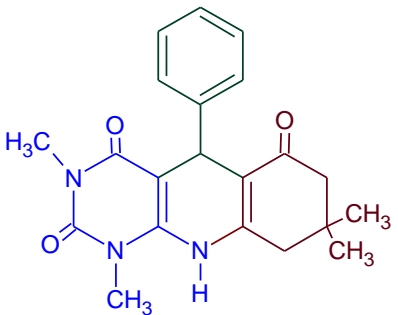
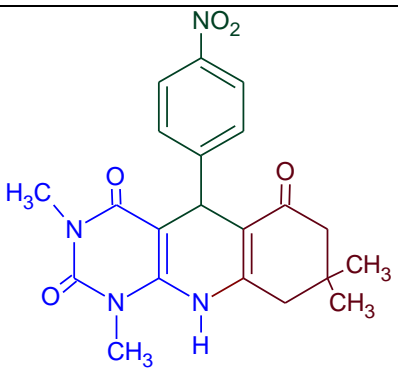
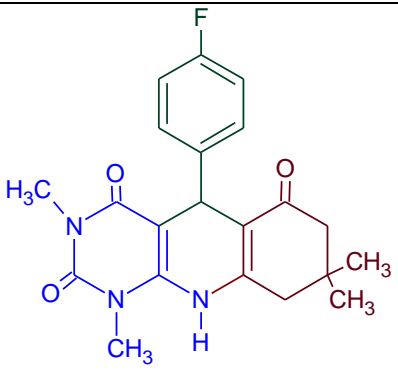
**5-(4-nitrophenyl)-1,3,8,8-tetramethyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-b]quinoline-2,4,6(1H,3H,7H)trione**  
**(QD2; C<sub>21</sub>H<sub>22</sub>N<sub>4</sub>O<sub>5</sub>)**

m.p. 221-223 °C; FTIR (ATR) v: 3368, 3221, 2959, 1694, 1656, 1582, 1512, 1344, 1167, 939, 868, 764 cm<sup>-1</sup>. <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 1.12 (s, CH<sub>3</sub>, 6H), 1.22 (s, CH<sub>3</sub>, 6H), 2.31 (d, J = 16.4 Hz, CH<sub>2</sub>, 1H), 2.52 (d, J = 13.3 Hz, CH<sub>2</sub>, 1H), 2.56 (d, J = 13.3 Hz, COCH<sub>2</sub>, 2H), 3.27 (s, NCH<sub>3</sub>, 3H), 3.49 (s, NCH<sub>3</sub>, 3H), 5.62 (s, CH, 1H), 7.23-7.36 (m, aromatic-H, 2H), 8.11-13 (d, J = 8.4 Hz, aromatic-H-2H), 12.67 (s, NH, 1H) ppm; <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 27.36, 27.46, 28.73, 29.55, 29.64, 29.72, 31.51, 33.51, 33.94, 44.53, 89.37, 113.68, 113.68, 123.57, 123.60, 127.28, 127.43, 146.14, 147.34, 150.44, 154.28, 164.38 ppm. Anal. Calcd. for C<sub>21</sub>H<sub>22</sub>N<sub>4</sub>O<sub>5</sub>: C 61.45, H 5.40, N 13.65; Found: C 61.39, H 5.32, N 13.61.

**5-(4-fluorophenyl)-1,3,8,8-tetramethyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido(4,5-b)quinoline-2,4,6(1H,3H,7H)trione**  
**(QD3; C<sub>21</sub>H<sub>22</sub>FN<sub>3</sub>O<sub>3</sub>)**

m.p. 231-233 °C; FTIR (ATR) v: 3356, 3211, 2962, 1687, 1652, 1583, 1504, 1363, 1158, 900, 862, 761 cm<sup>-1</sup>. <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 1.05 (s, CH<sub>3</sub>, 3H), 1.21 (s, CH<sub>3</sub>, 3H), 2.19 (d, J = 16.4 Hz, CH<sub>2</sub>, 1H), 2.36 (d, J = 13.3 Hz, CH<sub>2</sub>, 1H), 2.42 (d, J = 13.3 Hz, COCH<sub>2</sub>, 2H), 3.28 (s, NCH<sub>3</sub>, 3H), 3.50 (s, NCH<sub>3</sub>, 3H), 5.55 (s, CH, 1H), 6.92-7.23 (m, aromatic-H, 5H), 12.57 (s, NH, 1H) ppm; <sup>13</sup>C NMR (125 MHz, CDCl<sub>3</sub>) δ: 27.33, 27.41, 28.65, 29.70, 31.45, 32.97, 44.47, 49.96, 89.96, 114.38, 114.92, 115.13, 127.90, 134.28, 150.62, 154.11, 159.87, 162.29, 164.29, 200.24 ppm. Anal. Calcd. for C<sub>21</sub>H<sub>22</sub>FN<sub>3</sub>O<sub>3</sub>: C 65.78, H 5.78, F 4.96, N 10.96; Found: C 65.76, H 5.69, F 4.97, N 10.95.

**Table 1.** Chemical composition and properties of synthesized pyrimido[4,5-*b*]quinoline derivatives

Sample code	Structure and name of compound	Molecular weight (g/mol)	Molecular formula	Melting point (°C)	Yield <sup>a</sup> (%)
QD1	 <p>5-(4-phenyl)-1,3,8,8-tetramethyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido(4,5-<i>b</i>)quinoline-2,4,6(1<i>H</i>,3<i>H</i>,7<i>H</i>)-trione</p>	365.4256	C <sub>21</sub> H <sub>23</sub> N <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	268-270	93
QD2	 <p>5-(4-nitrophenyl)-1,3,8,8-tetramethyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido(4,5-<i>b</i>)quinoline-2,4,6(1<i>H</i>,3<i>H</i>,7<i>H</i>)-trione</p>	410.4232	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> N <sub>4</sub> O <sub>5</sub>	221-223	97
QD3	 <p>5-(4-fluorophenyl)-1,3,8,8-tetramethyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido(4,5-<i>b</i>)quinoline-2,4,6(1<i>H</i>,3<i>H</i>,7<i>H</i>)-trione</p>	383.4161	C <sub>21</sub> H <sub>22</sub> FN <sub>3</sub> O <sub>3</sub>	231-233	91

<sup>a</sup>Isolated yield.

## RESULTS and DISCUSSION

Heterocyclic compounds containing both pyrimidine and quinoline rings have highly pharmacological properties. Especially in the synthesis of bioactive compounds such as pyrimido[4,5-*b*]quinoline derivatives, 6-amino-1,3-dimethyluracil forms a valuable part of the synthesized heterocyclic compound.

Synthesis studies of this class of compounds have been carried out by testing different catalysts. Syntheses of DABCO-based ionic liquid (Tundo et al, 1982), Brønsted acidic ionic liquid (Wotring et al., 1990), Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@-

SO<sub>3</sub>H (Ramos et al., 2008), poly (vinyl pyridinium) hydrogen sulphate (Khaligh and Mihankhah, 2014), and magnetized biopolymer cellulose-based hetero acid (Osanlou et al., 2017), using catalysts such as 1-n-butyl-3-methylimidazolium bromide ([bmim] Br) (Ji et al., 2008) and 3-methyl-1-sulphonic acid imidazolium hydrogen sulphate (Khaligh, 2014) using the one-pot method, were carried out in different environments.

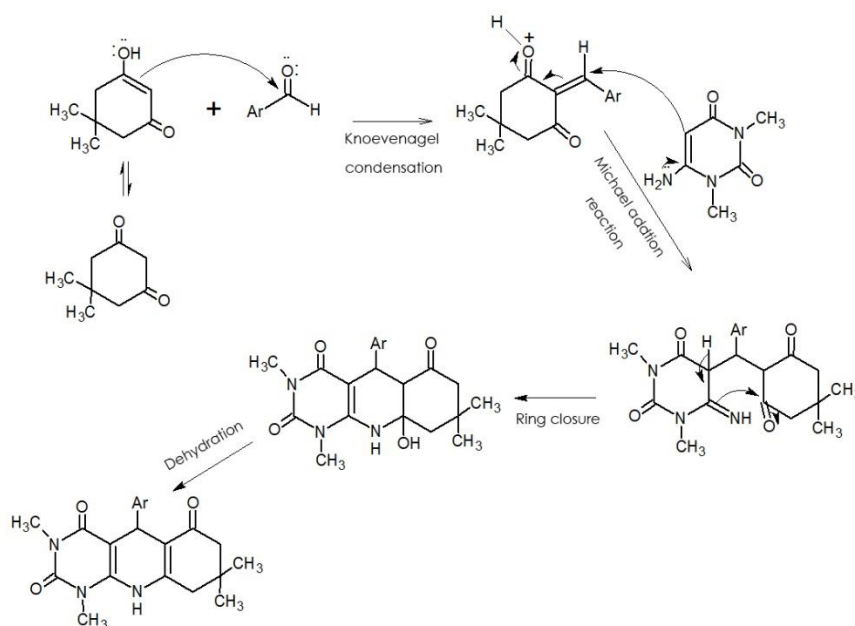
In this study, we tried to carry out the reactions by applying the three-component one-pot method by boiling under reflux. We aimed to contribute to the synthesis studies of this class of compounds. Reactions were carried out by boiling and stirring benzaldehyde and substituted benzaldehydes (p-nitro and p-fluorobenzaldehyde) with 6-amino-1,3-dimethyluracil, dimedone (5,5-dimethylcyclohexane-1,3-dione) in ethyl alcohol under reflux and stirring. 1,3,8,8-Tetramethyl-5-phenyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-*b*]quinolone-2,4,6(1*H*, 3*H*, 7*H*)-trione (**QD1**), 5-(4-nitrophenyl)-1,3,8,8-tetramethyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-*b*]quinoline-2,4,6(1*H*,3*H*,7*H*)-trione (**QD2**) and 5-(4-fluorophenyl)-1,3,8,8-tetramethyl-5,8,9,10-tetrahydropyrimido[4,5-*b*]quinoline-2,4,6(1*H*,3*H*,7*H*)-trione (**QD3**) were obtained in good yields.

The structure of the synthesized compounds (**QD1-3**) was confirmed by FTIR, <sup>1</sup>H NMR and <sup>13</sup>C-NMR spectroscopy. The FTIR spectra show absorption bands in the range 3356-3211 cm<sup>-1</sup> indicating the presence of the secondary amine group. The peaks observed around 3000 cm<sup>-1</sup> give the C-H stresses that reveal the aromatic structure. The peaks observed around 1698 and 1651 cm<sup>-1</sup> determine the carbonyls that the uracil and dimedon rings have added to the structure.

In addition, the singlets seen around 1.10 and 1.23 ppm in the <sup>1</sup>H NMR spectra belong to the CH<sub>3</sub> (methyl) groups carried by the dimedon ring and the singlets seen around 3.29 and 3.71 ppm are the peaks of N-CH<sub>3</sub> protons. However, the peaks of -CH<sub>2</sub>- (methylene) protons carried by the dimedon ring appear around 2.37 and 2.46 ppm. The peak of the CH proton where the aldehyde molecule participates in the cyclization is observed around 5.65. Aromatic protons of this compound were seen resonating at 7.06 and 8.31 ppm in their <sup>1</sup>H NMR spectra. In addition, there is one singlet that appeared at 12.50-12.67 ppm in the spectra, accounting for the presence of the N-H group in the fused molecules.

Looking at the <sup>13</sup>C-NMR spectra of the synthesized compounds, all the carbons belonging to the structure are at appropriate values.

According to literature studies, it is thought that the intermediate formed by Knoevenagel condensation and Michael addition, respectively, gives pyrimido[4,5-*b*]quinoline compounds by dehydration as a result of cyclization reaction (Ramos et al., 2008; Wotring et al., 1990; Tundo et al., 1982). Figure 2 shows the proposed mechanism.



**Figure 2.** Possible reaction mechanism

Pyrimido[4,5-*b*]quinoline compounds (**QD1**, **QD2** and **QD3**), which were synthesized as part of the studies in our group, produced much better yields and serve green chemistry, however, they were synthesized in a longer period of time compared to compounds synthesized by other researchers (Edjlali et al., 2014; Khaligh, 2014; Shirini et al., 2018).

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Research Fund of Yildiz Technical University. Project Number: FYL-2017-3243.

## REFERENCES

- Abbas HS, Hafea HN, Rahman A, El-Gazzar ABA 2011. Synthesis, in vitro antimicrobial and in vivo antitumor evaluation of novelpyrimidoquinolines and its nucleoside derivatives. *European Journal of Medicinal Chemistry*, 46: 21-30.
- Azami SC 2014, Cellulose sulfuric acid catalyzed multicomponent reaction for efficient synthesis of pyrimido and pyrazolo[4,5-*b*]quinolines under solvent-free conditions. *Iranian Journal of catalysis*, 4(2), 113-120.
- Bhaskaruni SVHS, Maddila S, Gangu KK, Jonnalagadda SB 2020. A review on multi-component green synthesis of N-containing heterocycles using mixed oxides as heterogeneous catalysts. *Arabian Journal of Chemistry*, 13: 1142-1178.
- Benedetti P, Mannhold R, Cruciani, G, Ottaviani G 2004. GRIND/ALMOND investigations on CysLT1 recs, eptor antagonists of the quinolinyl(bridged)aryl type, *Bioorganic and Medicinal Chemistry*, 12: 3607-3617.
- Benkovic SJ, Baker SJ, Alley MRK, Woo YH, Zhang YK, Akama T, Mao W, Baboval J, Rajagopalan PTR, Wall M, Kahng LS, Tavassoli A, Shapiro L 2005. Identification of borinic esters as inhibitors of bacterial cell growth and bacterial methyltransferases, CcrM and MenH. *Journal of Medicinal Chemistry*, 48: 7468-7476.
- Berthel SJ, Cheung AWH, Kim K, Thakkar KC, Yun W 2004. PCT Int. Appl. WO, 2004101568. BA., 1*H*-pyrazolo[3,4-*b*]quinoline-based organic light-emitting diodes (R=F, Br, Cl, CH<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>3</sub> and N(C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>), *Material Letters*, 61: 3292-3295.
- Edjlali L, Khanamiri RH, Abolhasani J 2014. Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> nano-particles supported on cellulose as an efficient catalyst for the synthesis of pyrimido[4,5-*b*]quinolines in water. *Monatshefte Für Chemie* 146: 1339–1342.
- El-Gazzar ABA, Youssef M, Youssef AMS, Abu-Hashem AA, Badria FA 2009. Design 340 and synthesis of azolopyrimidoquinolines, pyrimidoquinazolines as anti-oxidant, anti-inflammatory and analgesic activities, *European Journal of Medicinal Chemistry*, 44: 609-624.
- Gholami A, Mokhtary M, Nikpassand M, 2020. Choline chloride/Oxalic acid (ChCl/Oxa) catalyzed one-pot synthesis of novel azo and sulfonated pyrimido[4,5-*b*]quinoline derivatives. *Dys and Pigments*, 180: 108453.
- Hayashi Y (2016). Pot economy and one-pot synthesis. *Chemical Science*, 7: 866–880.
- Huron DR, Gorre ME, Kraker AJ, Charles L, Moasser MM 2003. A novel pyridopyrimidine inhibitor of Abl Kinase is a picomolar inhibitor of Bcr-abl-driven K562 cells and is effective against STI571-resistant Bcr-abl Mutants, *Clinical Cancer Research*, 9: 1267-1273.
- Jain S, Chandra V, Jain PK, Pathak K, Pathak D, Vaidya A 2019. Comprehensive review on current developments of quinoline-based anticancer agents. *Arabian Journal of Chemistry*, 12: 4920-4946.
- Ji SJ, Ni SN, Yang F, Shi JW, Dou, GL, Li XY, Shi DQ 2008. An efficient synthesis of pyrimido[4,5-*b*]quinoline and indeno[2',1':5,6]pyrido[2,3-*d*]pyrimidine derivatives via multicomponent reactions in ionic liquid. *Journal of Heterocyclic Chemistry*, 45: 693–702.
- Joshi AA, Viswanathan CL, Docking studies and development of novel 5-heteroaryl-amino-2,4-diamino-8-chloropyrimido-[4,5-*b*]quinolines as potential antimalarials, *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 16: 2613-2617.
- Khaligh NG and Mihankhah T 2014. Poly(4-vinylpyridinium) hydrogen sulfate catalyzed synthesis of 12-aryl-12-hydro-5*H*-benzo[*g*]indeno[2,1-*b*]quinoline-6,11,13-trione derivatives. *Research on Chemical Intermediates*, 41: 4569–4579.

- Khaligh, NG 2014. Synthesis of benzo[*g*]indeno[2,1-*b*]quinoline derivatives via four-component and one-pot synthesis in presence of 3-methyl-1-sulfonic acid imidazolium hydrogen sulfate. *Chinese Journal of Catalysis*, 35: 1858–1863.
- Klingenstein RMP, Leliveld SR, Ryckebusch A, Korth C 2006. Similar structure-activity relationships of quinoline derivatives for antiprion and antimalarial effects, *Journal of Medicinal Chemistry*, 49: 5300-5308.
- Nemati F, Saedirad R, 2013, Nano-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> encapsulated-silica particles bearing sulfonic acid groups as a magnetically separable catalyst for green and efficient synthesis of functionalized pyrimido[4,5-*b*]quinolines and indeno fused pyrido[2,3-*d*]pyrimidines in water. *Chinese Chemical Letters* 24 (2013) 370–372
- Osanlou F, Nemati F, Sabaqian S 2016. An eco-friendly and magnetized biopolymer cellulose-based heterogeneous acid catalyst for facile synthesis of functionalized pyrimido[4,5-*b*]quinolines and indeno fused pyrido[2,3-*d*]pyrimidines in water. *Research on Chemical Intermediates*, 43: 2159–2174.
- Perzyna A, Klupsch F, Houssin R, Pommery N, Lemoine A, Henichart JP 2004. New benzo[5,6]pyrrolizidino[1,2-*b*]quinolines as cytotoxic agents, *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*, 14: 2363-2365.
- Ramos AR, Arguello J, Magosso HA, Gushikem Y 2008. Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> coated with 3-*n*-propyl-1-azonia-4-azabicyclo[2.2.2]octane silsesquioxane chloride and its use for immobilization of cobalt(II) tetrasulfonated phthalocyanine in oxalic acid electrooxidation. *Journal of Brazilian Chemical Society*, 19: 755-761.
- Shirini F, Langarudi MSN, Daneshvar N, Jamasbi N, Irankhah-Khanghah M 2018. Preparation and characterization of [H<sub>2</sub>-DABCO][ClO<sub>4</sub>]<sub>2</sub> as a new member of DABCO-based ionic liquids for the synthesis of pyrimido[4,5-*b*]-quinoline and pyrimido[4,5-*d*]pyrimidine derivatives. *Journal of Molecular Structure*, 1161: 366–382.
- Tabatabaeian K, Shojaei, AF, Shirini F, Hejazi SZ, Rassa M 2013. A green multicomponent synthesis of bioactive pyrimido[4,5-*b*]quinoline derivatives as antibacterial agents in water catalyzed by RuCl<sub>3</sub>·xH<sub>2</sub>O. *Chinese Chemical Letters*, 25: 308-312.
- Tundo P, Venturello P, Angeletti E 1982. Anion-exchange properties of ammonium salts immobilized on silica gel. *Journal of American Chemical Society*, 104: 6547-6547.
- Wang XS, Zeng ZS, Shi DQ, Wei XY, Zong ZM 2004. KF-alumina catalyzed one-pot synthesis of pyrido[2,3-*d*]pyrimidine derivatives, *Synthetic Communications*, 34: 4331-4338.
- Wotrung WJ, Johnson DM, Bachas LG 1990. Polymeric membrane anion-selective electrodes based on diquatary ammonium salts. *Analytical Chemistry*, 62: 1506-1510.

## Drought assessment by reconnaissance drought index in the euphrates river valley, Turkey

Okan Mert Katipoğlu<sup>\*1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-6087>), Reşat Acar<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0653-1991>), Serkan Şenocak<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4962-5349>)

<sup>\*1</sup>Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Erzincan-Turkey

<sup>2</sup>Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Erzurum-Turkey

\*Corresponding author e-mail: okatipoglu@erzincan.edu.tr

### Abstract

In this study, the Reconnaissance Drought Index (RDI) values of 16 meteorology observation stations in the Euphrates basin were calculated over a 12-month period, the frequencies of the drought classes were determined, and the index values were subjected to runs analysis to determine the maximum and average drought characteristics (drought duration and severity) in the basin and investigate the meteorological drought. In addition, by analyzing autocorrelation of the RDI values, the trend analysis was applied by Mann Kendall (MK) and Modified Mann Kendall (MMK) tests and increasing and decreasing trend values were mapped in the Geographic Information System (GIS) Environment. Thus, the regions endangered in terms of drought in the basin were determined, regions with severe drought were identified and contributed to effective water resources and drought management.

**Keywords:** Drought indices, Reconnaissance drought index (RDI), Drought characteristics, Trend analysis, Runs analysis.

### INTRODUCTION

Drought is one of the natural disasters that develop slowly and cause great impact. It begins in any season or time period due to a significant reduction or unbalanced precipitation in a local area. It is intensified by the influence of other climate factors such as high temperature, high wind speed, low humidity (Chen et al., 2009, Fontaine and Steinemann, 2009). Increasing drought intensity and severity creates effects such as climatic conditions and degradation of vegetation and the end of life. (Kallis, 2008). Drought negatively affects the entire ecosystem, agriculture, the environment and the economy. In order to prevent drought and to take the necessary measures, detailed analysis and monitoring of the region is required. Researchers have studied drought with many parameters from the past to the present and have used different drought indices such as Palmer Drought Severity Index, Erinç Index, Standard Precipitation Index, or De Martonne Index to determine drought.

Characterization of drought and monitoring in time and space are important in terms of simplifying complex climatic functions, helping to establish drought early warning systems and expressing climatic anomalies according to drought periods and frequencies ( Svoboda et al., 2002). It is also required because the wider masses can access easily understandable information on the severity of dry periods (Tsakiris et al., 2007). Therefore, drought indices can be used in the academic field (education, research, study, etc.), as well as at strategic and operational levels (decision making, proactive management and drought reduction, etc.) with a wide range of potential users.

The most widely used SPI index in the literature only uses precipitation data, so other parameters such as evapotranspiration are not taken into account. Evapotranspiration is an important parameter in the case of drought, especially in arid and semi-arid regions. In other words, the application of this parameter using the appropriate index in drought assessment increases the validity of the. Therefore, a new index called the Reconnaissance Drought Index (RDI) has recently been introduced for drought assessment and monitoring (Tsakiris and Vangelis, 2005). This index is based on the ratio between precipitation amounts and potential evapotranspiration (Tsakiris and Vangelis, 2005, Tsakiris et al., 2007).

There are a few studies in the literature about RDI. Some of those; Tsakiris et al., (2007), made drought assessment using RDI in two river basins, Mornos and Nestos basins in Greece. Zehtabian et al., (2013), investigated similarities and differences of the SPI and RDI indices at six synoptic stations in South Khorasan, Iran. Payab and Türker, (2019), tried to characterize drought events and compare meteorological drought by using various drought indices in RDI. Kousari et al., (2014), used RDI to detect drought trend in the arid and

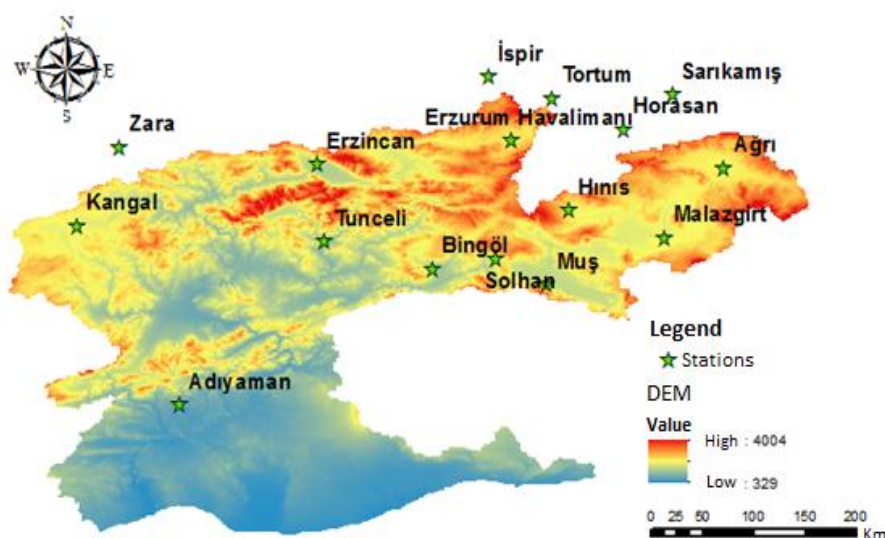


semi-arid regions of Iran. Tigkas et al., (2013), proposed initial or normalized values of RDI as a single climate index for the detection of possible climate changes. Vangelis et al., (2013), has examined the effect of PET values calculated using various methods on RDI values. Khanmohammadi et al., (2018), used SPI and RDI indices to detect spatial-temporal variation of dry and wet periods in Iran. In this study, maximum drought characteristics were determined and evaluated according to RDI, trend analysis of RDI was made, distribution of drought trends in GIS environment was shown and the Euphrates basin drought risk situation was interpreted.

## MATERIAL AND METHOD

### Study Area

In the study prepared, 16 meteorological observation stations in the Euphrates basin and close to the basin were selected and having at least 30 years of data. The data used in the study were obtained from the General Directorate of State Meteorology Affairs. The locations on the digital elevation model map of the meteorology observation stations are shown (Figure 1).



**Figure 1.** Location map of precipitation observation stations used in the study

### Reconnaissance Drought Index

The reconnaissance drought index was developed in Greece by Tsakiris et al, (2007) to offer a relatively more accurate approach to water shortage, taking into account the balance between inputs and outputs in a water system. This approach is based on cumulative precipitation and potential evapotranspiration, and provides three outputs: initial ( $RDI_{\alpha_0}$ ), normalized ( $RDI_n$ ) and standardized ( $RDI_{st}$ ) values. Standardized outputs are similar to the structure of SPI and can be compared directly. Input parameters are monthly temperatures and precipitation values. The effects of drought on agriculture and water resources are of primary interest. Strengths of index: The use of potential evapotranspiration represents the water balance in a region, and therefore the severity of the drought, better than SPI. Weaknesses of index: Potential evapotranspiration calculations can cause some errors because only temperature values are used. Monthly periods may not react fast, especially in fast developing drought events.

$$RDI_{\alpha_0}^i = \frac{\sum_{j=1}^{j=12} P_{ij}}{\sum_{j=1}^{j=k} ET_{ij}}, \quad i=1 \text{ to } N \text{ and } j=1 \text{ to } 12 \quad (1)$$

where  $P_{ij}$  and  $ET_{ij}$  represent precipitation and evapotranspiration of the  $j$ -th month of the  $i$ -th water year, and  $N$  is the obtained weather data total year number. The values of  $RDI_{\alpha_0}$  match both the gamma and the lognormal distributions in various positions for various time scales for which they were examined (Tigkas, 2008). Through applying the former distribution,  $RDI_{st}$  can be computed by utilising Eqs. (2).

$$RDI_{st}^i = \frac{y^i - \bar{y}_k}{\hat{\sigma}_k} \quad (2)$$

where  $y_i$  is the  $\ln(\alpha_{ki})$ , is its arithmetic mean and  $\sigma_y$  is the corresponding standard deviation. The normalized RDI ( $RDI_n$ ) was computed using the Eqs. (3), in which it is evident that the parameter  $a_k$  is the arithmetic mean of  $a_k$  values. In addition, drought classification of RDI values is shown in Table 1.

$$RDI_n^i = \frac{\alpha_k^i}{\bar{a}_k} - 1 \quad (3)$$

**Table 1.** Classification of RDI (Tsakiris, Pangalou et al. 2007)

RDI value	Drought category
> 2,0	Extremely wet
1,5 to 1,99	Very wet
1,0 to 1,49	Moderately wet
-0,99 to 0,99	Near normal
-1,0 to -1,49	Moderately dry
-1,5 to -1,99	Severely dry
-2 and less	Extremely dry

### Mann–Kendall test

The Mann–Kendall test is a non-parametric method to identify trend in time series of data (Rezaie et al., 2014). In this method there are no normality, stationarity or independence assumptions that are not acceptable for most hydrological time series, therefore, this non-parametric method is more applicable than parametric ones. The other advantage of this test is its low sensitivity to extreme values (Xu et al., 2003). The Mann–Kendall test was firstly proposed by Mann (1945) and after several years was developed by Kendall (1975). The Eqs. (4) to (7) show the steps of trend analysis using Mann–Kendall test.

$$S = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (4)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{Var}(S) = \frac{N(N-1)(2N+5) - \sum_{i=1}^m t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (6)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S > 0 \\ 0 & \text{if } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{if } S < 0 \end{cases} \quad (7)$$

where,  $x_i$  and  $x_j$  are the consecutive data values of the time series in the  $i$  and  $j$  years, respectively,  $N$  is the duration of time series,  $\text{sgn}(x_j - x_i)$  is the sign function,  $\text{Var}(S)$  is the variance of  $S$  which for  $N \geq 8$  has a zero mean and normally distributed,  $m$  is the number of tied values,  $t_i$  is the number of ties for the  $i$ -th value and  $Z$  is the test statistic (Yue et al., 2002). Positive values of  $Z$  indicate that there are increasing trends in data series, while negative values of  $Z$  show decreasing trends in data series. Decreasing or increasing trends are significant at 95% confidence level when  $|Z| > 1,96$  (Peng et al., 2017).

### The modified Mann–Kendall (MMK) test

Hamed and Rao (1998) considered the significance of all autocorrelation coefficients in time series and consequently proposed the modified Mann–Kendall test. The calculation process of this method is similar to the common Mann–Kendall test. However in the modified Mann–Kendall test, modified variance [ $\text{Var}(S)^*$ ] is used instead of common variance [ $\text{Var}(S)$ ] to calculate the  $Z$  statistic. Eqs. (8) to (9) represent the steps of  $\text{Var}(S)^*$  calculation.

$$\text{Var}(S)^* = \text{Var}(S) \frac{n}{n^*} \quad (8)$$

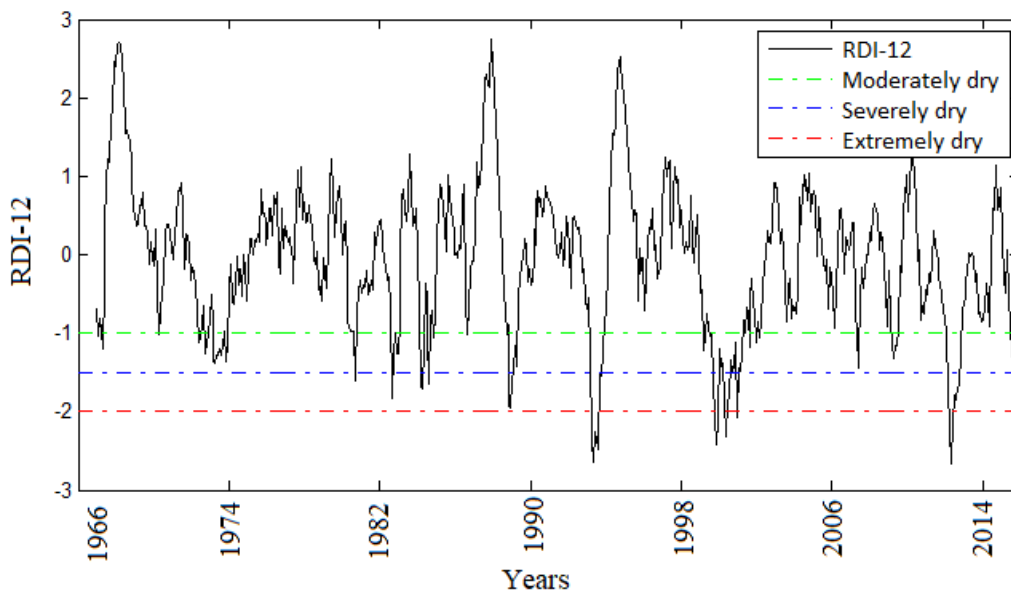
$$\frac{n}{n^*} = 1 + \frac{2}{n(n-1)(n-2)} \sum (n-k)(n-k-2) r r_k \quad (9)$$

where  $\frac{n}{n^*}$  is the modified coefficient,  $r r_k$  is the  $k$ -th autocorrelation between ranks of data. Equation (10) shows the existence significance in  $k$ -th autocorrelation coefficient of time series data at 95% confidence level. In other words, if obtained  $r r_k$  places in the mentioned bound, the data will be independent at 95% confidence level. Otherwise, the data are not independent and the effect of autocorrelation coefficient with different lags should be considered and eliminated. The determined  $Z$  value on the basis of this process will represent the value of modified  $Z$  (Hamed and Rao 1998, Kumar et al., 2009).

$$\frac{-1-1.96\sqrt{n-k-1}}{\sqrt{n-k}} < r r_k (95\%) < \frac{-1+1.96\sqrt{n-k-1}}{\sqrt{N}} \quad (10)$$

## RESULTS and DISCUSSION

### Calculation of RDI values



**Figure 2.** Variation of the 12-month RDI values of Erzincan meteorological station in time

The decreasing trend of RDI time series which may be resulted from decreasing trend in precipitation, increasing trend in evapotranspiration or downward trend in  $P/ET$  values means more severe conditions for water resources management. Accordingly, extraordinary and severe droughts are observed in the years when the index values fall below the red (-2) and blue (-1.5) threshold levels (Figure 2). The emergence of severe and prolonged droughts is a real threat to the collection and storage of water resources.

**Table 2.** Frequency of drought classes of Erzincan RDI values (%)

	Drought Classes (%)				Dry period (%)	Wet period (%)
	Extremely	Severely	Moderately	Near normal		
RDI-12	2,29	3,27	10,46	34,64	50,65	49,35

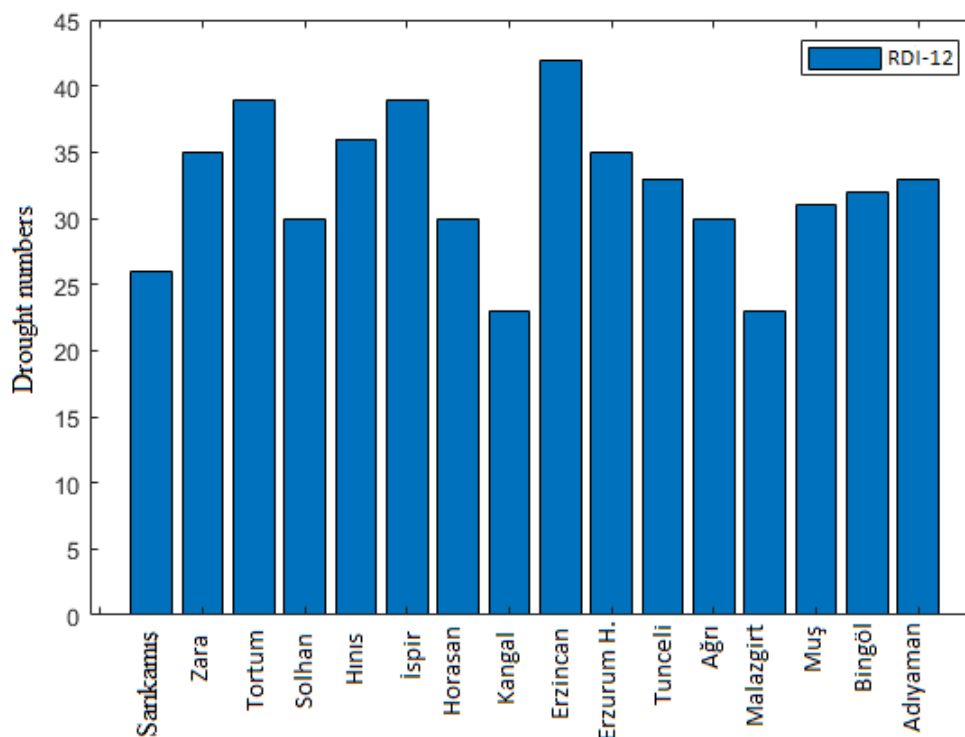
The percentage frequency values of the drought classes of the RDI values calculated for 624 (12 \* 52) months between 1966 and 2017 are shown in Table 2. When these values are examined, the most common drought category is near normal and moderately, while extremely and severely drought categories are observed less.

## Runs analysis of RDI values

**Table 3.** Drought characteristics of RDI values calculated by applying the run analysis

Station	Drought Number	Maximum Drought				Average Drought	
		Onset	End	Duration (Month)	Severity (m <sup>3</sup> /s)	Duration (Month)	Severity (m <sup>3</sup> /s)
Sarıkamış	26	2012 April	2017 December	69	-137,64	9,35	-8,69
Zara	35	2012 March	2013 April	40	-30,51	8,40	-7,11
Tortum	39	1982 May	1984 March	27	-30,23	5,89	-4,18
Solhan	30	2012 May	2015 September	41	-71,38	9,53	-8,28
Hınıs	36	1999 May	2001 December	32	-43,69	7,47	-6,75
İspir	39	2012 April	2016 Haziran	51	-106,07	7,43	-5,61
Horasan	30	2012 April	2017 December	69	-94,17	10,07	-8,35
Kangal	23	1977 May	1981 April	48	-48,39	11,61	-10,82
Erzincan	42	2000 April	2003 December	45	-50,99	7,40	-5,64
Erzurum	35	1969 May	1972 June	38	-60,59	8,60	-7,25
Tunceli	33	1970 March	1973 December	45	-46,75	9,39	-7,14
Ağrı	30	1996 May	2001 Ekim	66	-62,57	9,43	-8,41
Malazgirt	23	2012 May	2015 September	41	-47,36	12,83	-11,03
Muş	31	1970 March	1972 April	35	-36,87	10,35	-8,01
Bingöl	32	2012 June	2017 December	67	-82,19	9,47	-7,55
Adıyaman	33	2015 December	2017 December	39	-40,89	9,27	-7,65

Table 3 shows the duration and severity of the average and maximum droughts and the Onset and end period of the maximum droughts obtained by the 12-month RDI values. When drought is examined, the most severe drought was seen at Sarıkamış station with -137,64 mm and occurred between April 2012 and December 2017.



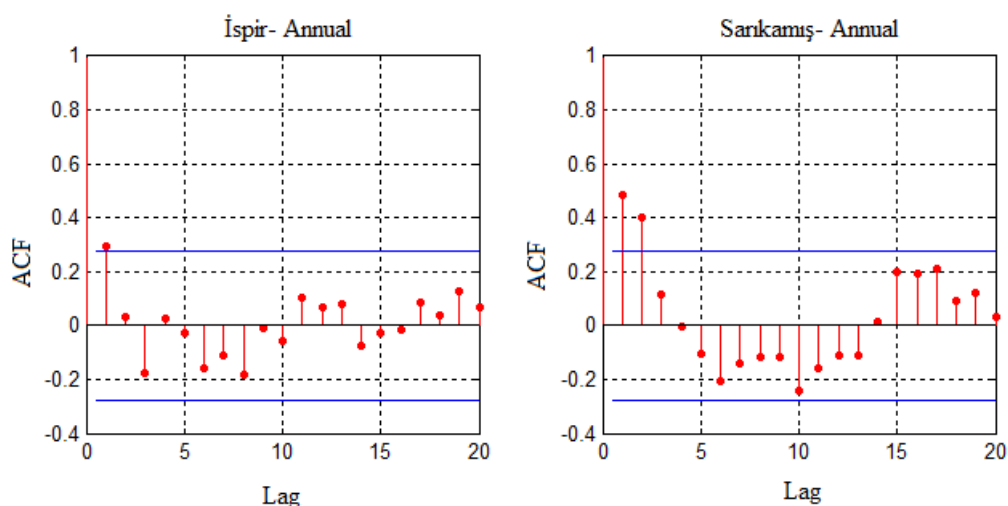
**Figure 3.** Drought numbers of 12-month RDI values

In Figure 3, the number of occurrences of the droughts obtained by subjecting the 12-month RDI values to the run analysis, at various stations are shown. The most dry period was seen in Erzincan station in all stations.

## Trend analysis of RDI

Before performing trend analysis of annual RDI values, the presence of serial correlation of index values was visually examined with the help of auto correlation function graph. In these charts, the stations whose lag-1

value exceeds 95% confidence limits are shown in Figure 4. While MMK test is applied to the stations in this case, MK test is applied to other stations.



**Figure 4.** RDI values of stations showing autocorrelation.

**Table 4.** Trend analysis results of RDI values

Station names (Z Values)	
Sarıkamış (-1,54)	Erzurum ( <b>2,41</b> )
Zara (-1,29)	Tunceli (-0,95)
Tortum (-1,37)	Ağrı (-1,33)
Solhan (-0,94)	Malazgirt (-0,81)
Hınıs (0,15)	Muş (-1,59)
İspir (-0,50)	Bingöl (-1,76)
Horasan (-1,62)	Adıyaman (-1,62)
Kangal ( <b>-2,31</b> )	
Erzincan (-1,22)	

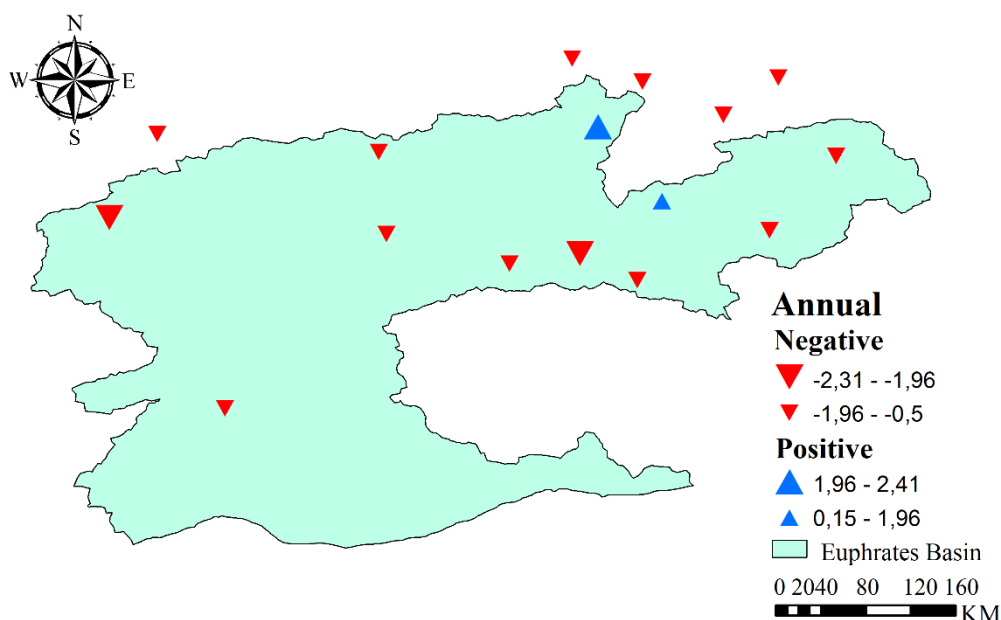
Note: The values shown in bold character show that there is a significant trend at the 5% significance level.

In order to evaluate the results of trend analysis,  $Z_{\alpha/2} = Z_{0,025}$  value was determined as 1.96 for  $\alpha = 0.05$  significance level from standard normal distribution table. If the Z values (-1.96, 1.96) are within the confidence interval, the null hypothesis "H<sub>0</sub>: No Trend" is accepted at  $\alpha = 0.05$  significance level. If the Z values (-1.96, 1.96) are outside the confidence interval, "H<sub>0</sub>: No Trend" is rejected, meaning that the trend is present. Therefore, Z values shown in Table 4 in bold character of RDI values show that there are significant trends. The fact that the Z values are less than zero indicates the decreasing trend in the RDI series and the larger indicates the increasing trend.

When the annual RDI trend analysis results are analyzed, a decreasing trend was observed at Kangal station at 5% significance level. When increasing and decreasing RDI trends are interpreted regardless of their significance level, a decreasing trend was observed in 87,5% of stations (except Hınıs and Erzurum) (Table 4).

### Trend Analysis Maps of RDI

The drought values of the stations used in the study area calculated with the RDI are mapped with 90% ( $z > 1,65$ ), 95% ( $z > 1,96$ ) confidence intervals and increasing and decreasing trend values outside of these confidence intervals. The stations with a decreasing trend in these maps are denoted with a red inverted triangle, and stations with an increasing trend are denoted with a blue triangle. It is observed that the decreasing trend and tendency in drought indexes prevails in the maps of January, February, May, June, August, November, December and Annual indexes. This indicates an increasing drought severity in these months Figure (5).



**Figure 5.** Spatial distribution of trend analysis results of annual RDI values

## CONCLUSION

In this study, it was aimed to determine the meteorological drought characteristics in the Euphrates basin and to examine the drought trends with RDI values. In this context, temperature and precipitation values of 16 meteorological observation stations covering the years between 1966 and 2017 were used. When the analyzes are evaluated, the maximum drought was found between 1989 and 2012-2017 as a result of the analysis of the run analysis applied to the meteorological drought indexes.

As a result of the trend analysis applied to the RDI values in the Euphrates basin, a few decreasing droughts trends within 90% and 95% confidence limits and many decreasing drought trends outside the confidence interval indicate that droughts are becoming more severe in the basin. Considering the increase in drought severity as a result of the increasing global warming effects, it has been determined that the negative drought trend in the basin will increase and a drought management plan should be prepared for the coming years. In order to eliminate the insufficiency of the studies on drought early warning, drought precautions and risk management, trend analysis of drought severity and drought severity maps and risky regions were shown.

The following suggestions can be listed to reduce the possible drought effects in the Euphrates basin;

- Drought management, early warning and precaution plan can be created.
- Awareness training for water use can be given.
- The use of resources can be regulated, institutional measures can be taken.
- New groundwater wells can be used.
- Water transfer can be made in close areas.

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors thank General Directorate of Meteorology for the provided monthly total precipitation and monthly average temperature data.

## REFERENCES

- Akbaş A 2014. Distribution of climatological drought probabilities in Turkey. Turkish Geographical Journal (63).
- Chen S T, Kuo C C, & Yu P S 2009. Historical trends and variability of meteorological droughts in Taiwan/Tendances historiques et variabilité des sécheresses météorologiques à Taiwan. Hydrological sciences journal, 54(3): 430-441.
- Fontaine M M and Steinemann A C 2009. Assessing vulnerability to natural hazards: impact-based method and application to drought in Washington State. Natural Hazards Review 10(1): 11-18.

- Guerrero-Salazar P L A and Yevjevich V M 1975. "Analysis of drought characteristics by the theory of runs. Hydrology papers (Colorado State University); no. 80.
- Hamed K H and Rao A R 1998. A modified Mann-Kendall trend test for autocorrelated data. *Journal of hydrology*, 204(1-4): 182-196.
- Kallis G 2008. Droughts. *Annual review of environment and resources*, 33: 85-118.
- Kendall M 1975. *Rank correlation methods* (4th edn.) Charles Griffin. San Francisco, CA 8.
- Khanmohammadi N, Rezaie H, & Behmanesh J 2018. The spatial-temporal variation of dry and wet periods in Iran based on comparing SPI and RDI indices. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32(10): 2771-2785.
- Kousari M R, Dastorani M T, Niazi Y, Soheili E, Hayatzadeh M, & Chezgi J 2014. Trend detection of drought in arid and semi-arid regions of Iran based on implementation of reconnaissance drought index (RDI) and application of non-parametrical statistical method. *Water resources management*, 28(7): 1857-1872.
- Kumar S, Merwade V, Kam J, & Thurner K 2009. Streamflow trends in Indiana: effects of long term persistence, precipitation and subsurface drains. *Journal of Hydrology*, 374(1-2): 171-183.
- Mann, H B 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 245-259.
- Payab A H and Türker U 2019. Comparison of standardized meteorological indices for drought monitoring at northern part of Cyprus. *Environmental Earth Sciences*, 78(10): 309.
- Peng S, Ding Y, Wen Z, Chen Y, Cao Y, & Ren J 2017. Spatiotemporal change and trend analysis of potential evapotranspiration over the Loess Plateau of China during 2011–2100. *Agricultural and forest meteorology*, 233: 183-194.
- Rezaie H, Khalili K, Khanmohammadi N, & Nazeri Tahrudi M 2014. Surface air temperature trends during the last 20 years in Iran. *J Appl Environ Biol Sci*, 4(1s): 40-46.
- Svoboda M, LeComte D, Hayes M, Heim R, Gleason K, Angel J, ... & Miskus D 2002. The drought monitor. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 83(8): 1181-1190.
- Tigkas D. 2008. Drought characterisation and monitoring in regions of Greece. *European Water*, 23(24): 29-39.
- Tigkas D, Vangelis H, & Tsakiris G 2013. The RDI as a composite climatic index. *Eur Water*, 41, 17-22.
- Tsakiris G, Loukas A, Pangalou D, Vangelis H, Tigkas D, Rossi G & Cancelliere A 2007. Drought characterization. *Drought management guidelines technical annex*, 85-102.
- Tsakiris G, Pangalou D & Vangelis H 2007. Regional drought assessment based on the Reconnaissance Drought Index (RDI). *Water resources management*, 21(5): 821-833.
- Tsakiris G. and Vangelis H 2005. Establishing a drought index incorporating evapotranspiration. *European Water*, 9(10): 3-11.
- Vangelis H, Tigkas D, & Tsakiris G 2013. The effect of PET method on Reconnaissance Drought Index (RDI) calculation. *Journal of Arid Environments*, 88: 130-140.
- Xu Z X, Takeuchi K & Ishidaira H. 2003. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. *Journal of hydrology*, 279(1-4): 144-150.
- Yue S, Pilon P & Cavadias G 2002. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *Journal of hydrology*, 259(1-4): 254-271.
- Zehtabian G, Karimi K, Mirdashtvan M & Khosravi H. 2013. Comparability Analyses of the SPI and RDI Meteorological Drought Indices in South Khorasan Province in Iran. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research (IJABBR)*, 1(9): 981-992.

## Analysing the climate change effects on break point of temperature data

Okan Mert Katipoğlu\*<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6421-6087>), Reşat Acar<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0653-1991>)

<sup>1</sup>Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Erzincan-Turkey

<sup>2</sup>Atatürk University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Erzurum-Turkey

\* Corresponding author. Tel.: +90 539 864 60 25. E-mail: okatipoglu@erzincan.edu.tr

### Abstract

Defined as the global increase in temperatures and changes in precipitation, climate change is regarded as one of the most serious problems of today. It is important to investigate the changes in climate data to increase the reliability and quality of the data used in hydrological studies. In this study, four absolute homogeneity tests were performed in order to identify the discrepancies and break points in the annual average temperatures of 16 stations between the years 1966-2017. Standard Normal Homogeneity Test (SNHT), Pettitt Test (PT), Buishand Range Test (BRT), and Von Neumann Ratio Test (VNRT) were evaluated at the 5% significance level. These tests show that none of the stations are homogeneous in the 95% confidence interval. However, when the reason behind the inhomogeneity is investigated, the fact that 1994 is the break point in neighbour stations shows us that the reason for the inhomogeneity (except Erzurum airport) is related to the regional climate change. As a result, break points at 15 stations can be said to emerge climate change caused by atmospheric oscillations such as North Atlantic Oscillation (NAO) and Southern Oscillation (SO). Furthermore, in order to correct the inhomogeneity in Erzurum airport, the discrepancies were adjusted according to the neighbouring station's data by using the double mass curve method.

**Keywords:** Break point, Double mass curve, Global warming, Homogeneity test, Temperature, Regional climate change.

### INTRODUCTION

Climate change is the short-term or long-term changes presented by the climate indicators. This change range can vary from ten years to thousands of years. As a result of human activities such as the ever-increasing industrialization and fossil fuel consumption, changes in land use, deforestation, and unplanned industrialization, greenhouse gases such as carbon dioxide and methane accumulate within the atmosphere and change the chemical qualities of the atmosphere, which causes global climate change in the long term (Okkan and Fistikoglu, 2014). Because of climate change, significant statistical changes are observed in the precipitation and temperature values of various regions (Solomon et al., 2007) As a result of this situation, temperatures and evaporation increase and precipitation decrease in general.

Homogeneous climatic series are defined as a series affected only by climate changes. Before starting a climate analysis, it is necessary to determine whether the climate data are homogeneous. Climate data homogenization has great importance in climate change monitoring, weather forecasting, verification of regional atmospheric models, erosion modeling, drought monitoring as well as in other studies of hydrological and environmental impacts. Because the non-climate factors that may hide the actual climatic signals and structures may cause time series discontinuities, so the results of these studies are biased. In order to eliminate the biases, inhomogeneities must be examined and corrected where necessary (Ribeiro et al., 2016).

There are two types of techniques that are called relative and absolute to test homogeneity. In the first technique records are used from neighboring stations (reference stations) which are probably homogeneous. In the second technique, statistical tests are applied to each station data separately (Wijngaard et al., 2003). While both approaches are valuable and valid, they both have disadvantages. Using only data from a single station is problematic, it is difficult to determine whether there are changes caused by climatic effects (Peterson et al., 1998a). To overcome this problem, metadata support from station history information is essential for evaluating the breaks detected (Costa and Soares, 2009).



A number of studies were conducted to check the homogeneity of climate data by using different approaches or methods. Tayanç et al. (1998) carried out a comparative evaluation by using Kruskal- Wallis and Wald-Wolfz methods to determine the inhomogeneous structure in the Turkish temperature series. Slonosky et al. (1999) used various methods to test the homogeneity of surface pressure series of 51 stations with long years observations in Europe. Wijngaard et al. (2003) were tested homogeneity of surface air temperature and precipitation. The trend test and change-point analysis were implement on several annual discharge series of the Yangtze River. For single change-point detection, a Bayesian model was established to study the abrupt change in the mean levels of the time series (Xiong and Guo, 2004). Freiwan and Kadioğlu (2008) were use the runs (Swed – Eisenhart) test to examine homogeneity of annual and monthly time series of precipitation, maximum and minimum temperatures. SNHT, BRT, PT, and VNRT to detect the inhomogeneity of the climate series (AL-Salihi et al., 2014; Ahmad and Deni, 2013; Jaiswal et al., 2015; Yerdelen, 2014; Stone, 2014).

The purpose of this study is to determine homogeneity and change point of temperature data and to investigate the effect of climate change on homogeneity. For this purpose SNHT, PT, BRT and VNRTs were applied. Homogeneity test results are compared to investigate the cause of inconsistencies. According to the results of the tests, it is concluded that the breaks are caused (except Erzurum airport) by regional climate change. The stations that have the break point due to non-climatic reasons were identified and corrected by using the double mass curve method.

## MATERIALS AND METHODS

### Study Area and Data

In this study, 16 temperature stations with a regular database of at least 30 years, which are located within or in the near of the Euphrates river valley, were selected. The selected period was between 1966 and 2017, which is the longest common period for these stations (Table 1). The data used in the study were obtained by General Directorate of State Meteorological Service.

**Table 1.** Temperature stations to be used in the study

Station Number / Name	Latitude	Longitude	Altitude (m)
17094/ Erzincan	39,75	39,48	1216
17718/ Tercan	39,77	40,39	1429
17096/ Erzurum Airport	39,95	41,19	1758
17740/ Hınıs	39,37	41,69	1715
17165/ Tunceli	39,11	39,54	981
17099/ Ağrı	39,72	43,05	1646
17780/ Malazgirt	39,14	42,53	1540
17204/ Muş	38,75	41,50	1322
17776/ Solhan	38,96	41,05	1366
17764/ Arapgir	39,04	38,49	1200
17203/ Bingöl	38,88	40,50	1139
17089/ Bayburt	40,25	40,22	1584
17666/ İspir	40,48	40,99	1223
17688/ Tortum	40,30	41,54	1576
17692/ Sarıkamış	40,33	42,60	2102
17690/ Horasan	40,04	42,17	1540

### Homogeneity Testing

Homogeneous climatic series are defined only as a series affected by climate changes. If there are deviations from the climate in our series, these should be determined and corrected. Thus, by correcting the deviations in the data, our study is made more reliable and accurate. A non-homogeneous station shows abrupt break relative to the average of the data in the neighboring station. Such abrupt breaks are usually errors arising from the relocation of the station. Other homogeneous disruptive effects include changing the position of the measuring stations, exposure to environmental factors, changes in measurement techniques, changes in the monitoring practices, and setting errors due to the measuring instrument. If our data is not homogenous, it should be

homogenized by the double mass method or removed from the analysis. In this study, the homogeneity tests performed to check the quality of the data were done through R statistical software 3.5.2 version.

### **Standard Normal Homogeneity Test (SNHT)**

The standard normal homogeneity test (Alexandersson, 1986) is one of the most widely-used homogeneity tests. The null hypothesis is that the data are independent, identically normally distributed random quantities, and the alternative is that a step-wise shift in the mean (a break) is present (Alexandersson and Moberg, 1997).

### **Pettit Test (PT)**

Pettitt (1979) developed a nonparametric test that is capable of locating the period (month or year) where a break is likely. The null hypothesis is that the data is independent, identically distributed random quantities, and the alternative is that a stepwise shift in the mean is present. The test statistic is related to the Mann–Whitney statistic. Like other tests, the Pettit test is more sensitive to breaks in the middle of a time series (Wijngaard et al., 2003).

### **Buishand Range Test (BRT)**

The BRT (Buishand, 1982) is a parametric test and supposes, under the null hypothesis, that the values of the testing variable are independent and identically normally distributed. Under the alternative hypothesis, it assumes that a step-wise shift in the mean (a break) is present. This test is capable of locating the period (month or year) where a break is likely, but it is more sensitive to breaks in the middle of a time series (Wijngaard et al., 2003).

### **Von Neumann Ratio Test (VNRT)**

Von Neumann (1941) proposed a nonparametric test where the statistic is defined as the ratio of the mean square successive (year-to-year) difference to the variance. The null hypothesis is that the data are independent, identically distributed random quantities and the alternative is that the time series is not randomly distributed (Buishand, 1982). This test is not given an information about break year.

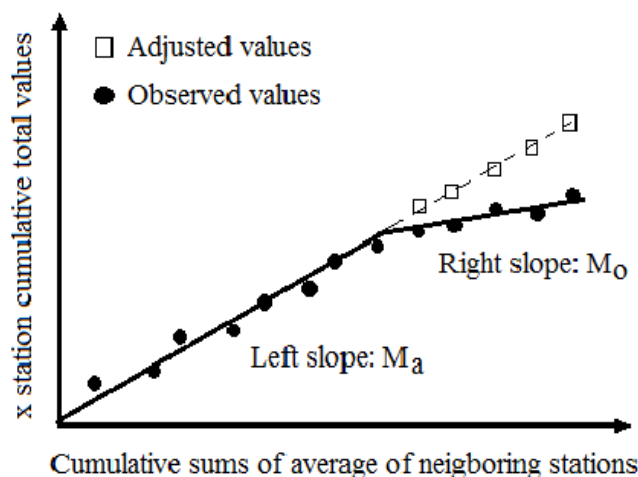
### **Change Point**

The homogeneity of a hydrological or meteorological series can be tested by statistical methods in order to question the existence of a change point. PT and SNHT are two of the most commonly used methods for determining the change point (Alexandersson, 1986; Pettitt, 1979). The null hypothesis ( $H_0$ ) agrees that the examined series are homogeneous. And, the opposite is the alternative hypothesis ( $H_1$ ). For PT and SNHT, null hypothesis gives the year when the homogeneity of annual average precipitation was disrupted. Wijngaard et al. (2003) states that SNHT is better at identifying change points at the beginning and end of a series whereas Pettitt Test is better at identifying change points at the middle of a series. (Wijngaard et al., 2003). While SNHT accepts that the series is normally distributed, that is not the case for Pettitt Test.

### **Double Mass Curve Method**

Double mass curve analysis is used to identify the long-term statistical shift of precipitation data. The same technique can also be used for adjusting the doubtful data. The discrepancy in the data is indicated by a significant change in the slope of the double mass curve and it can be due to a change in device location or measurement technique. This doesn't mean that both of the periods are false, it simply means that there discrepancies between the periods. The data can be made consistent by adjusting in order to avoid any breaks in the double mass curve. The fact that there is an inconsistency in the double mass graph does not indicate which part of the curve is to be adjusted (before or after the break). However, correction can be applied in both parts depending on the circumstances.

There is a break (slope change) in the double mass graph and the data before this point is inconsistent with current measurements, therefore it needs correction. Adjustment entails the correction of the slope either before or after the break point. The decision of the revision period to be considered is dependent upon the application of the data and the reasons for the observed inhomogeneity. For example, if changes in the behavior after a certain point results from a defined systematic error, then said break point should be corrected. On the other hand, if the change results from the relocation of an observation station in the past, then the period before the break point should be corrected in order to make the whole data set consistent with the current location.



**Figure 1.** Double mass curve method

In the double mass curve analysis, the control of the values of a station is performed by comparing the total annual and monthly values of said station to the total annual and monthly values of a group of stations in the vicinity for the same period. The break seen in Figure 1 shows that there is a change in the regime of precipitation and flow of said station. A meteorological or hydrological change impacts all the stations, so it does not cause a change in the slope. Therefore, the break point seen here comes from a systematic error and the values after the change in the slope should be brought to the extension of the old slope. Incorrect values after the break point shall be corrected by using the ratio of the slopes of the lines in the graph and the following Eqs. (1).

$$P_{\text{adjusted}} = \frac{M_a}{M_o} P_{\text{observed}} \quad (1)$$

Here  $M_a$  is the slope of the last part, and  $M_o$  is the slope of the adjusted part. Double mass curve analysis is widely used in the literature in order to adjust and homogenize the errors in the hydro-meteorological data.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Homogeneity Test of the Temperature Data

The homogeneity of the temperature data was tested by using 4 different tests. These tests that were performed according to 5% significance level are SNHT, PT, BRT, and VNRT, respectively. According to the SNHT, 1 out of 16 stations are homogeneous. According to the PT, 1 out of 16 stations is homogeneous. According to the BRT 12 out of 16 stations are homogeneous. According to VNRT 2 out of 16 stations are homogeneous. Taken all the tests into consideration, none of the stations are homogeneous. Stations that are homogeneous according to all or at least 3 homogeneity tests are considered homogeneous, stations that are homogeneous according to 2 out of 4 tests are considered as doubtful, and stations that are homogeneous according to maximum 1 test are considered as suspect. Furthermore, the following shows the critical values of stations with a 52-year-long database for the %5 significance level (Table 2).

**Table 2.** Critical values of temperature data (for 52-year data)

Critical values for %5 level of significance			
SNHT	PT	BRT	VNRT
8,48	250	1,55	1,54

Four absolute homogeneity tests are used to identify the discrepancies and breaks in the meteorological time series. The results of these tests led to the classification of meteorology stations as "useful", "doubtful" and "suspect" (Table 3). Amongst these tests SNHT, PT and the BRT show the break year of the series while VNRT does not show a break year.

**Table 3.** Test results for the temperature data that is considered not to be homogeneous.

Homogeneity test results (Test statistics / Change point (Year))					
Station Name	SNHT	PT	BRT	VNRT	Homogeneity
Horasan/17690	9,45/1995*	361/1995*	0,77/1995	1,40*	Suspect
Sarıkamış/17692	17,93/1994*	493/1994*	1,60/1994*	0,99*	Suspect
Tortum/17688	14,80/1994*	477/1994*	1,06/1994	1,19*	Suspect
Erzurum Airport/17096	7,53/1987	321/1987*	1,93/1987*	1,48*	Suspect
Bingöl/17203	8,78/1994*	252/1994*	0,29/1994	1,30*	Suspect
Tercan/17718	9,58/1994*	359/1994*	0,65/1994	1,66	Doubtful
İspir/17666	9,34/2010*	357/1994*	0,64/1994	1,35*	Suspect
Ağrı/17099	11,11/1994*	370/1994*	0,95/1994	1,42*	Suspect
Muş/17204	14,99/1994*	454/1994*	1,13/1994	1,11*	Suspect
Erzincan/17094	20,03/1994*	515/1994*	1,63/1994*	1,24*	Suspect
Hınıs/17740	13,53/1996*	450/1996*	0,96/1996	1,19*	Suspect
Tunceli/17165	11,59/1994*	384/1994*	0,79/1994	1,76	Doubtful
Malazgirt/17780	10,93/1994*	420/1994*	0,77/1994	1,21*	Suspect
Solhan/17776	10,43/1994*	248/1994	0,44/1994	1,24*	Doubtful
Arapgir/17764	20,67/1994*	533/1994*	1,87/1994*	1,12*	Suspect
Bayburt/17089	15,21/1994*	459/1994*	1,31/1994	1,36*	Suspect

Note: ‘ \* ’ The symbol shows inhomogeneous results.

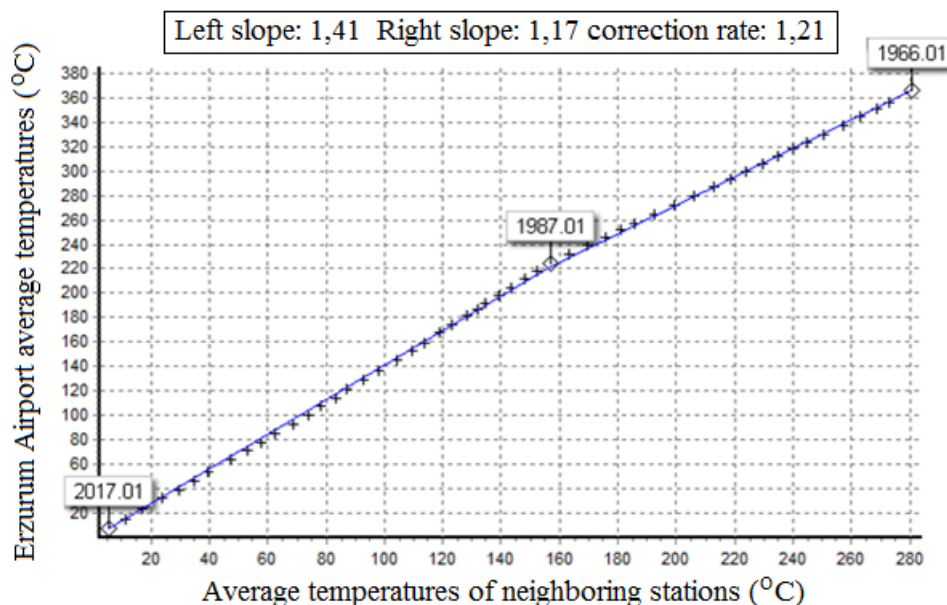
When all the inhomogeneous stations are examined, it is ascertained that the break mostly took place in the same year and region. This shows that (except for Erzurum Airport) the break results from the regional climate changes observed in that year, rather than errors related to the equipment and environmental factors. Climate change explains the increase in average temperatures in all the stations following the break year. However, the break observed in Erzurum Airport is different from those of other stations, so it is a systematic break. Therefore, the data in this station is not homogeneous.

Climate change leads to anomalous weather conditions such as short or long-term temperature fluctuation and changes in humidity and precipitation (Xia et al., 2012). Furthermore, the report published by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) revealed that the global average temperatures increased between 0.3-1.7 °C (Pachauri et al., 2014). Since there was no measurement error in the history of temperature stations used in the study, the changes in average temperatures were explained with natural reasons (such as climate change and global warming).

Turkey is located in a middle latitude between the poles and the equator. With this special position, it is influenced by the global atmosphere circulation and under the influence of different pressure and oscillation systems throughout the year. The most important of these oscillation is the NAO, which causes climate change in Turkey. Turkey's temperatures and rainfall have a similar relationship with Nao. Despite the precipitation surplus and positive temperature anomalies are seen in the negative phase of NAO, the precipitation deficiency and negative temperature anomalies are seen in the positive phase. The reason for inhomogeneity in temperature stations that break in the same year in Turkey can be explained by the NAO climate variable (Demircan et al., 2018).

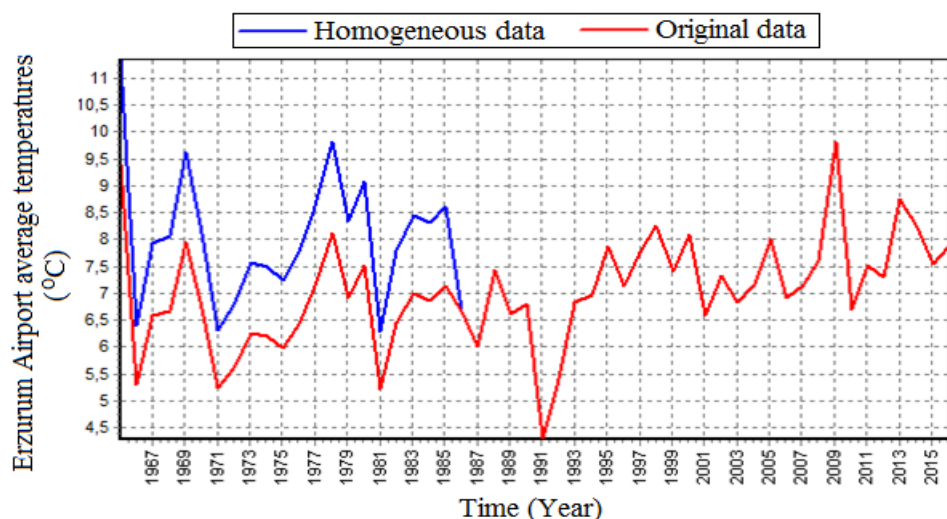
### Homogenising the Temperature Data

At this stage, the aim is to use double mass curve method to homogenise the data pertaining to the precipitation stations identified as not homogeneous according to the SNHT, PT, BRT and VNRT. For this purpose, in order to homogenise the temperature data of the stations that are not homogenous, the neighbouring stations (at least three) with homogeneous and regular data were used. The deviations in the monthly average temperature data of three stations are corrected by using the double mass curve method. The homogenization of the temperature data pertaining to Erzurum Airport station by using double mass curve method is given as an example. Homogenization process made with hydrognomon 4.1 free software.



**Figure 2.** Double mass curve of Erzurum Airport

The slope change seen in Figure 2 indicates the deviation in the temperature values of Erzurum Airport station. A meteorological or hydrological change impacts all the stations, so it does not cause a change in the slope. Therefore, the break point seen here is a systematic error. To correct this, the values following the slope change are brought to the extension of the old slope. In order to correct the errors observed after the slope change, the errors were multiplied by the correction ratio obtained after the left-hand slope is divided into the right slope so as to gather all the data on a single line.



**Figure 3.** Homogenization of the annual average temperatures of Erzurum Airport station

When Figure 3 is examined, it is ascertained that there is break point in 1987 and there are discrepancies in temperature values. In order to get rid of these discrepancies, the data after the break year was multiplied by the correction rate. Graphics and analysis results were homogenised by correcting the deviations in the temperature data of Erzurum Airport station. During the homogenization of the temperature data of Erzurum Airport station, the temperature data pertaining to Hınıs, Tortum, and Horasan stations in the vicinity were used.

## CONCLUSIONS

In this study, four homogeneity tests for temperature series of meteorological stations were successfully applied. For this purpose, 16 stations records belonging to the period of 1966-2017 were analyzed. Homogeneity tests were performed to examine the reliability of the data using SNHT, BR, Pettitt and VNR tests. As a result of homogeneity tests, 3 stations were doubtful and 13 stations were found suspect. However, non-climatic deterioration was found in the history of temperature stations and the break in all stations except

Erzurum airport was emerged in the same year and region. This situation was interpreted as an increase in the temperature average due to regional climate change. Because change in regional climate associated with changes in atmospheric circulation patterns may lead to gradual trends (either increasing or decreasing) and/or abrupt change in climatic variables such as NAO and SO (Yeşilirmak et al., 2009; Peterson et al., 1998b).

Homogeneity tests indicate only the break point and break year in the data. The reason why the homogeneity is disrupted in the stations identified as inhomogeneous based on the homogeneity test results should be investigated. If inhomogeneity is caused by natural causes (such as regional climate change), these stations can be considered homogeneous. If inhomogeneity is caused by equipment failures, environmental factors, relocation of stations etc., it need to use the double mass curve method to correct these errors.

As homogeneity tests determine the quality and reliability of the data. it should be applied to in the hydrometeorology studies. Furthermore, homogeneity tests are important for the correct interpretation of subsequent analyzes.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

The authors thank General Directorate of Meteorology for providing data and information. The Editor and the anonymous reviewers for their contributions on the content and development of this paper.

## **REFERENCES**

- Okkan U, Fistikoglu O 2014. Evaluating climate change effects on runoff by statistical downscaling and hydrological model GR2M. *Theoretical and Applied Climatology*, 117(1-2): 343-361.
- Demircan M, Gürkan H, Türkoğlu N and Çiçek İ 2018. The relationship between Turkey temperatures and North Atlantic Oscillation (NAO) Index. Paper presented at the International Geography Symposium on the 30th Anniversary of TUCAUM, Ankara.
- Solomon S, Qin D, Manning M, Averyt K, Marquis M 2007. *Climate change 2007-the physical science basis: Working group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC: Cambridge university press.*
- Ribeiro S, Caineta J, Costa A C, Henriques R, Soares A 2016. Detection of inhomogeneities in precipitation time series in Portugal using direct sequential simulation. *Atmospheric Research*, 171: 147-158.
- Wijngaard J, Tank A K, Können G 2003. Homogeneity of 20th century European daily temperature and precipitation series. *International Journal of Climatology*, 23(6): 679-692.
- Peterson T C, Easterling D R, Karl T R, Groisman P, Nicholls N, Plummer N, Torok S, Auer I, Boehm R, Gullett D 1998a. Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 18(13): 1493-1517.
- Costa A C, Soares A 2009. Homogenization of climate data: review and new perspectives using geostatistics. *Mathematical Geosciences*, 41(3): 291-305.
- Tayanç M, Nüzhet Dalfes H, Karaca M Yenigün O 1998. A comparative assessment of different methods for detecting inhomogeneities in Turkish temperature data set. *International Journal of Climatology*, 18(5): 561-578.
- Slonosky V, Jones P, Davies T 1999. Homogenization techniques for European monthly mean surface pressure series. *Journal of Climate*, 12(8): 2658-2672.
- Xiong L, Guo S 2004. Trend test and change-point detection for the annual discharge series of the Yangtze River at the Yichang hydrological station/Test de tendance et détection de rupture appliqués aux séries de débit annuel du fleuve Yangtze à la station hydrologique de Yichang. *Hydrological Sciences Journal*, 49(1): 99-112.
- Freiwan M, Kadioğlu M 2008. Climate variability in Jordan. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 28(1): 69-89.
- AL-Salihi A M, AL-Timimi Y K, AL-Lami A M 2014. The homogeneity analysis of rainfall time series for selected meteorological stations in Iraq. *Diyala Journal For Pure Science*, 10(2-part 1): 60-77.
- Ahmad N H, Deni S M 2013. Homogeneity test on daily rainfall series for Malaysia. *Matematika*, 29: 141-150.
- Jaiswal R, Lohani A, Tiwari H 2015. Statistical analysis for change detection and trend assessment in climatological parameters. *Environmental Processes*, 2(4): 729-749.
- Yerdelen C 2014. Change point of river stream ow in Turkey. *Scientia Iranica. Transaction A, Civil Engineering*, 21(2): 306.
- Stone R J 2014. Homogeneity assessment of Trinidad and Tobago's surface air temperature data. *The West Indian J Eng*, 36(2): 29-33.

- Alexandersson H 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of climatology*, 6(6): 661-675.
- Alexandersson H, Moberg A 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part I: Homogeneity test for linear trends. *International Journal of Climatology*, 17(1): 25-34.
- Pettitt A 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied statistics*, 126-135.
- Buishand T A 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of hydrology*, 58(1-2): 11-27.
- Von Neumann J 1941. Distribution of the ratio of the mean square successive difference to the variance. *The annals of mathematical statistics*, 12(4): 367-395.
- Xia X.-H, Wu Q, Mou X.-L 2012. Advances in impacts of climate change on surface water quality. *Advances in Water Science*, 23(1): 124-133.
- Pachauri R K, Allen M R, Barros V R, Broome J, Cramer W, Christ R, Church J, Clarke L, Dahe Q, Dasgupta P 2014. Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: IPCC.
- Yeşilirmak E, Akçay S, Dağdelen N, Gürbüz T, Sezgin F 2009. Quality control and homogeneity of annual precipitation data in Büyük Menderes Basin, Western Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 18(9a): 1748-1757.
- Peterson T C, Easterling D R, Karl T R, Groisman P, Nicholls N, Plummer N, ... Vincent L 1998. Homogeneity adjustments of in situ atmospheric climate data: a review. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, 18(13): 1493-1517.

## Fine-kinney risk analysis study in fuel laboratory with expert system implementation

Zehra Gülten Yalçın<sup>1\*</sup>, Mustafa Dağ<sup>1</sup>, Seda Şahin<sup>2</sup>, Ercan Aydoğmuş<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Karatekin University, Faculty Of Engineering, Department Of Chemical Engineering, Çankırı, Turkey

<sup>2</sup>Karatekin University, Faculty Of Engineering, Department Of Computer Engineering, Çankırı, Turkey

<sup>3</sup>Fırat University, Faculty Of Engineering, Department Of Chemical Engineering, Elazığ, Turkey

\*Corresponding author e-mail: zaltin@karatekin.edu.tr

### Abstract

In this study, the determination of the highest risk fields with the Expert System modelling of the method of Fine-Kinney which are applied in the available fuel oil laboratory in the official institutions. The reasons of the effect are determined with frequency, intensity and probability with the Fine-Kinney in the fuel oil laboratory. The activities are performed with some preventations which are used to decrease the highest risk value. The speed of the risk determination is increased with the proposed Expert system Model to decrease the pre and post-study of the risk determination. At the same time, this study is an objective study. As preventations, there are some rules such as the usage of suitable laboratory shoes, the usage of individual clothes, the placement of eye and oversized shower, the placement of warning signs, the placement of hazardous waste collection containers, to obey the some rules. These preventations include some of control protocols for the routine execution of the process, the education of people in each department and the seminars related with them. The main aim of the proposed Expert System Model is to increase the accuracy of the speed of decision with the automated determination of the variable risk decision value which depends on the application results of Fine-Kinney risk evaluation analysis and to ease the industrial usage.

**Keyword:** Fuel laboratory, Fine-Kinney risk assessment, expert system modelling

### INTRODUCTION

The Occupational Health and Safety Law which has the number of 6331 with 06.20.2012 leads to a new workspace in Turkey. For this reason, occupational health and safety studies have gained importance and have brought with it regulatory and preventive activities. In addition to the legal obligation, it is based on the employees' working safer and healthier. With the law no. 6331, proactive approach studies take place in the working life. The employer shall ensure the healthy and safe working environment of the employee at all stages starting from production in less dangerous, dangerous and very dangerous workplaces according to the hazard class (İş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği, 2012), (Ersoy ve ark., 2018). Risk analysis methods are divided into two groups as quantitative and qualitative methods. Quantitative risk analysis uses numerical methods to calculate risk. In qualitative risk analysis, numerical values are given to values such as probability of threat, effect of threat and these values are evaluated by mathematical and logical methods and the risk value is found (Ersoy ve ark., 2018). Risk Map, Initial Hazard Analysis, Occupational Safety Analysis, Primary Risk Analysis Using Checklist, Primary Risk Analysis, Risk Assessment Decision Matrix Methodology (L type and X type Matrix), Hazard and Operability Study Methodology, Error Tree Analysis Methodology, Possible Error Types and Impact Analysis Methodology, Event Tree Analysis, Cause-Effect Analysis and Fine-Kinney Method are the main risk analysis methods (Özkılıç, 2005).

The method is widely used for occupational health and safety (OHS) risk assessment, especially in Europe (Babut, 2011). The widespread usage in applications is increased in Turkey after 2012. For example, it is frequently used in the cement sector (Metek, 2015) and also its use in large construction firms (Özfirat ve ark., 2016) and large-scale industrial firms are observed to increase rapidly (İSG Yönetmeliği, 2012). Expert system modeling is thought to be more effective when specific risk assessment is considered (Oturakçı ve ark., 2017). In Fine-Kinney risk assessment, priority risk zones are identified and minimized (Kinney, 1976). For this reason, expert system modeling is preferred. In this study, especially the region containing the risk is determined and a preventive study is performed again. The greatest convenience provided by the expert system is that it eliminates the second preventive risk study, thus providing a more objective view of the risk study (Kokangul ve ark., 2017). Intelligent system modeling is needed to accelerate the risk assessment and decision-making processes and increase the ease of implementation. In the literature, there are studies related to risk



analysis for some different smart system applications in this context (Kokangul ve ark., 2017). In some studies, AHP and similar methods were preferred as modeling method (Ergu ve ark., 2014). while in some studies fuzzy logic method was used for modeling (Cho ve ark., 2002). Some studies have been made using modeling by expert system method (Hadjimichael, 2009). In this study, Expert System method which is one of the different intelligent system modeling methods is used (Yılmaz ve Şenol, 2017), (Smith ve McNeely, 1999). With the automated system model designed in this study, it is aimed to classify the risk decision / action status of the changing risk value according to the measures taken after Fine-Kinney risk assessment analysis by determining the risk decision / action status automatically (Fedra ve Winkelbauer, 2002). and in the most accurate way (Tolun ve ark., 2016), and to benefit the use in the field (Exsys Corvid , 2016).

## MATERYAL VE METOD

### 2.1 Risk assessment method (Fine-Kinney method)

With this method, risks are graded and priority is given to the high-risk area at the place of application (Özkılıç, 2005), (Babut, 2011). As a quantitative risk analysis method, the Fine-Kinney method has three parameters: probability, probability (I), (O), frequency (F) and intensity (S). Risk is obtained by multiplying three. According to the results, acceptable risk is divided into 5 classes as possible risk, significant risk, high risk and very high risk. Scales are given in Tables 2.1 and 2.2, 2.3 (Metek, 2015).

Risk Value = I x F x D is calculated.

I = Probability, (a value between 0.2-10)

F = Frequency, (a value from 0.5 to 10)

D = Degree of Results

**Table 2. 1.** Probability Scale (Babut, 2011).

**Table 2.2.** Frequency Scale (Babut, 2011).

Value	Category
,2	Practically Impossible
0,5	Weak Likelihood
1	Very Low Likelihood
3	Rare but Possible
6	Strongly Possible
10	Very Strong Likelihood

Değer	Açıklama	Kategori
0,5	Very Rare	Once a year or less
1	Quite Rare	Once or several times a year
2	Rare	Once or several times a month
3	Occasionally	Once or several times a week
6	Often	One or more times a day
10	Continuous	Continuous or multiple times per hour

**Table 2.3** Impact / Damage-Effect Scale (Babut, 2011).

Değer	Açıklama	Kategori
1	Considerable	Lightweight - Harmless or unimportant
3	Major Minor	Low job loss, minor damage, first aid
7	Serious	Major-Significant Damage, External Treatment, Loss of Workday
15	Very serious	Injury, limb loss, environmental impact
40	Very bad	Death, Complete disability, Heavy cycle. effect
100	Disaster	Multiple deaths, significant env.disaster

**Table 2.4** Decision and Action Based on Risk Level (Babut, 2011).

Sıra	Risk değeri	Karar	Eylem
1	$R < 20$	Acceptable Risk	Immediate action may not be required
2	$20 \leq R < 70$	Exact Risk	Must be included in the Final Risk Action Plan
3	$70 \leq R < 200$	Significant Risk	Must be carefully monitored and resolved through an annual action plan
4	$200 \leq R < 400$	High Risk	Short-term action plan
5	$R \geq 400$	Very High Risk	Immediate interruption of work

In Table 2.4, the risk range, acceptable, absolute risk, significant risk, high risk and very high risk ranges are given. As of 2012, in the Occupational Health and Safety Risk Assessment Regulation, the related regulations on how to carry out the risk assessment have been included in the field of study. According to the hazard class, it was started to be applied in all workplaces first in 2012 and then in 2016 (Metek, 2015), (Özfiat ve ark., 2016). In this regulation, definitions of danger, risk and risk assessment are made (Metek, 2015).

2.1.1.1 Danger, Potential to cause harm or damage to the workplace, which may come from outside or may affect the employee or workplace.

2.1.1.2. Risk, Possibility of loss, injury or other harmful consequences from the hazard.

2.1.1.3 Acceptable risk is the level of risk that does not result in loss or injury, in accordance with legal obligations and the prevention policy of the workplace.

With the Law No. 6331, each workplace has to carry out risk assessment at regular intervals. This is done by taking the opinions of the employees in the process ( İSG Yönetmeliği , 2012).

## 2.2 THE PROPOSED EXPERT SYSTEM METHOD

The main purpose of the Expert system model proposed in this study is that risk analysis works as a system that can make an optimal decision in Table 2.4 according to the risk level. This model consists of Activity / Characteristics, Hazard Definition, Impact Type, Possible Causes of Impact and Measure Taken.

The Expert System model proposed in this study was designed with EXSYS CORVID program (Tolun ve ark., 2016). Based on the contents of the model, 90 IF-THEN rules have been defined and automatically decide which of the Risk Level Classes shown in Table 2.4 belong to using the Backward Chaining Algorithm. The resulting effect values (R) of the rules defined in the system take values between 0 and 1 (0,1... 0,9). The following is an example IF-THEN rule set created during the modeling of the system, and these rule sets are also the input data of the system.

Rule 1: IF Freezing Point Detector used  
AND Personnel injury due to tube drop  
AND ISG Effect  
AND Tubes not fixed  
AND Lab shoes, Warning Sign, Instruction  
THEN R = Acceptable risk = 0.9

Rule 2: IF Freezing Point Detector used  
AND Environmental pollution due to incineration of waste alcohol  
and sample waste creation  
AND ENVIRONMENTAL IMPACT  
AND Combustion in the boiler room after collection  
AND Instruction, Hazard Waste Container  
THEN R = Significant risk = 0.9

Rule 3: IF Freezing Point Detector used  
AND Environmental pollution due to incineration of waste alcohol  
and sample waste creation  
AND ISG Effect  
AND Combustion in the boiler room after collection  
AND Glasses, Lab shoes  
THEN R = Significant risk = 0.2

The system searches for answers to 5 questions based on the criteria in Figure 1 and advances the decision-making process of the system by selecting the options defined at the bottom.

1. What are the activities / features?
  - \* Freezing Point Detection Device Usage
  - \* Use of Color Scale Tester

- \* Amount of Water Tester Use
  - \* Use of Water Weathering Index Tester
2. What is the Hazard Definition?
- \* Person injury due to He tube falling
  - \* Creation of environmental pollution by incineration of waste alcohol with sample waste generated as a result of analysis
  - \* Disposable contaminated analysis containers cause environmental pollution
3. What Type of Impact?
- \* ISG Effect
  - \* Enviromental Impact
4. What are the possible causes of the impact?
- \* The tubes are not fixed
  - \* Incineration of waste in boiler room after collection
  - \* Disposal of contaminated waste containers as household waste
5. What is the precaution taken?
- \* Mask
  - \* Glasses
  - \* Headphone
  - \* Chemical gloves
  - \* Work gloves
  - \* I. D. gloves
  - \* Apron
  - \* Lab shoes
  - \* Eye and Height Shower
  - \* Warning sign
  - \* Instruction
  - \* Con. Waste Container
  - \* Teh. Waste Container
  - \* Absorbent Material

The following shows the Expert System model (IF-THEN rule set) created using sample input data and post-implementation result values.

Rule 1: IF Freezing Point Detector Use  
Personnel injury due to AND tube drop  
AND ISG Effect  
AND Tubes not fixed  
AND Lab shoes, Warning Sign, Instruction  
THEN R = Acceptable risk = 0.9

Rule 2: IF Freezing Point Detector Use  
AND Environmental pollution due to incineration of waste  
alcohol and sample waste creation  
AND ENVIRONMENTAL IMPACT  
AND Combustion in the boiler room after collection  
AND Instruction, Hazard Waste Container  
THEN R = Acceptable risk = 0.3

Rule 3: IF Color Scale Tester Usage  
AND Environmental pollution due to incineration of waste alcohol  
and sample waste creation  
AND Environmental Impact

AND Combustion in the boiler room after collection

AND Instruction, Teh. Waste Container

THEN R = Acceptable risk = 0.9

System Result:

R = Acceptable risk = 0.7 (Rule1-Rule3-Rule2 =  $(0.9 + 0.9 + 0.3) / 3 = 0.7$ )

### 3. MATERIALS

#### 3.1. Materials

3.1.1. In the risk analysis study conducted in the fuel laboratory, which is an official institution, risk studies are carried out at the place where the test devices were located, and also at the place where sampling, sample placement and sample transportation were performed. The devices available here are listed below

3.1.1.1. Freezing Point Detection Device (25 ml. Sample waste is formed. Nitrogen tube is used. 20 liters of alcohol in the refrigerant is changed annually).

3.1.1.2. Color Scale Tester (20 ml. Sample consumption occurs).

3.1.1.3. Amount of water Tester (15 ml. Sample waste is collected in a separate container).

3.1.1.4. Water Separation Index Tester (100 ml. Fuel sample is disposed. Plastic-glass sample containers are used once).

3.1.1.5. Anti-icing Additive Detection Device (160 ml. Fuel sample waste is formed).

3.1.1.6. Closed Cup Flash Point Tester (70 ml. Sample waste is formed. Samples are heated up to 120-150 C. Heating is provided by electricity).

3.1.1.7. Jet Fuels Temperature Stability Device (600 ml. Sample is used. Sample is filtered and used. The device works at 260 C. Sample apparatus is cleaned with hexane).

3.1.1.8. Distillation Test Equipment (New Type-100 ml. Sample waste is composed).

3.1.1.9. Oven (working at 250 ° C).

3.1.1.10. Cold Filter Clogging Point Detection Device (45 ml. Sample waste is formed. -80 C is working).

3.1.1.11. Densimeter Test Device (Acetone and hexane are used for cleaning. In-house cleaning waste is collected in a separate container. 10 ml sample waste is formed and sample tubes are washed with hexane.)

3.1.1.12. IR Jet Fuel Analyzer (30 ml. Sample waste is formed. Hexane is used for cleaning).

3.1.1.13. Acetone Color Detection Device (100 ml. Sample waste is formed. Ethyl alcohol is used for cleaning).

3.1.1.14. Copper Corrosion Test Device (working at 100-120 C. 20-25 ml sample waste is produced. Silicone oil bath liquid makes odor).

3.1.1.15. Saybolt Viscosity Test Device (60 ml. Sample waste is formed. Sample containers are cleaned with hexane. Worked at 50 C. Bath liquid makes odor) (Annexes).

3.1.1.16. Washing Area (In laboratory environment, all sample containers are washed by brush using suitable solvents. Solvent and sample residues are collected by pouring into sink and burned in boiler room).

3.1.1.17. Reid Vapor Pressure Device (60 ml. Sample consumption is available).

### 4. RESULTS AND DISCUSSIONS

In this study, a risk assessment study was carried out by Fine-Kinney method in the units with various analysis devices in official laboratory. For this purpose, sampling, preparation and transportation in the laboratory, as well as the devices and areas with high risk priority were determined where the analysis devices were located.

High risk materials used in hazardous areas; In the table in Annexes 1, 2, 3 and 4, it is seen that these high-risk regions are numerically identified as 480, 500, 600, 750 and 1000. In the area that is risky with 480, the test equipment burns the hand of the personnel during sampling, the burn gases emitted during the experiment damage the respiratory tract of the personnel, the carelessness of the personnel in contact with the sample or device equipment, and the fume cupboard is not kept closed during operation. possible causes. In the 500 priority areas, the danger of environmental pollution was determined by collecting sample waste and waste alcohol as a result of the identified hazard analysis by discharging it into the sink and burning it in the boiler room. The possible causes of the impact are the incineration of the waste in the boiler room after collection.

As preventive activities, various instructions and the use of hazardous waste containers have been suggested to staff. With preventive actions, high risk has been reduced from 480 to 60 and from 500 to 90. The oven is

defined as 600 high-risk zone (operating at 250 ° C). Hazard identification in this area is given to the information that device equipment and hot sample container burns personnel's hand during sampling. Possible reasons for the impact were the inadvertent contact of the personnel with the bare hand to the sample or device equipment. Preventive actions were implemented to reduce this high risk value to 60 with appropriate gloves, shoes, apron, warning sign and instructions. 750 high-risk areas were identified as Saybolt Viscosity Test Device (60 ml. Sample waste is formed. Sample containers are cleaned with hexane. Worked at 50 C. Bath liquid makes odor).

As a hazard definition, it was informed that the sample waste produced as a result of the analysis is discharged to the sink and collected and burned in the boiler room to create environmental pollution. The possible reasons for the impact were given to the incineration of the waste in the boiler room after collection. In the measures taken, instructions and information on the use of hazardous waste containers are given. The risk value in the high-risk region, which is 750, has been reduced to 80. As the activity in the area with a value of 1000, which is the highest risk zone, washing area (All sample containers are washed with brush using appropriate solvents in laboratory environment. As a hazard definition, the steam produced by the washing is given to the respiratory tracts of the personnel. As a precaution to be taken, mask, glasses, earphones, appropriate shoes, instructions and warning sign information was given. The smart system modeling developed for use in risk analysis aims to provide the most optimal risk assessment in minimum time and to ensure the most accurate distribution of the produced results according to the risk classes. In this study, the most basic purpose of this intelligent system is to provide convenience to the users of this system by reaching the most optimum result and making the most accurate classification.

## **6. DISCUSSIONS**

In this study, the priority risk locations in the fuel laboratory are determined by fine-kinney risk analysis. Priority risk studies are carried out in the risky region determined as Fine, Kinney Risk Method as 480, 500, 600, 750 and 1000 and preventive activities were implemented. After this application, risk values were reduced from 480 to 60, from 500 to 90, from 750 to 80, from 1000 to 30. This study shows that the fine-kinney risk study was successful. In addition to this study, with the designed Expert System model, the optimum risk assessment in minimum time and the most accurate distribution of the produced results according to the risk classes have been provided and it has been observed that the proposed Expert System operates approximately 2.5 times faster than the repeated manual survey system. This has more value than the working speed of the risk analysis group.

## **REFERENCES**

- Babu G., Moraru R., Cioca L. Kinney-Type Methods: Useful or Harmful Tools in the risk assessment and management process?, International Conference on Manufacturing Science and Education-SIBIU-Romania, 2011.
- Cho, HN., Choi, HH., Kim, YB A., risk assessment methodology for incorporating uncertainties using fuzzy concepts. *Reliab Eng Syst Saf* 78:173–183 CrossRefGoogle Scholar, 2002.
- OHS approach and general OHS applications in cement sector, improving the quality of vocational and Technical Education in Turkey (METEK) grant program, enhancing the effectiveness of Occupational Health and safety Vocational Training Project, (TRH2.2.IQVETII/P-03/317), 2015.
- Ergu, D., Kou G., Shi Y., Shi Y., Analytic network process in risk assessment and decision analysis, *Computers & Operations Research* 42 58–74, 2014.
- Ersoy, M., elik., M, Y., Yeilkaya, L., olak, O., Combination of fine-kinney and gra methods to solve occupational health and safety problems, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, <https://doi.or./10.17341/gazimmfd.10.17341/gazimmfd.416533>), 2018.
- Exsys Corvid (<http://www.exsys.com>), 2016.
- Fedra, K., Winkelbauer, LA., Hybrid Expert System, GIS, and Simulation Modeling for Environmental and Technological Risk Management, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 17 131–146, 2002.
- Hadjimichael, MA., Fuzzy expert system for aviation risk assessment, vol 36, pp 6512–6519Google Scholar. 2009.

- Regulation on Occupational Health and Safety Risk Assessment, number of official newspapers: 28512, T.C. Official Newspaper, Ankara, 29/12/2012.
- Saturday 29 December 2012 issue: 28512 Ministry of Labour and Social Security Regulation on occupational health and safe
- Kinney, GF., Wiruth, AD., Practical risk analysis for safety management (No. NWC-TP-5865). Naval Weapons Center China Lake, CA Google Scholar, 1976.
- Kokangul, A., Polat, U., and Dağsuyu, C., A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine Kinney methodologies. *Saf Sci* 91:24–32. doi:10.1016/j.ssci.2016.07.015, 2017.
- Oturakçı ve M, Dağsuyu, C., Fuzzy Fine-Kinney method and its application in Risk assessment. *Karaelmas Health and safety Journal* 1: 17-25 Google Scholar, 2017.
- Özfirat, M., K., Yetkin, M., E., Şimşir, F., Kahraman, B., Assessment of current hazard sources in Uzunayak production in terms of Occupational Safety, mining, March, 2016.
- Özkılıç, Ö., Occupational Health and Safety Management Systems and Risk assessment methodologies, TISK, Ankara, Mart, 2005.
- Smith B. J., McNeely M. D. D., The Influence of an Expert System for Test Ordering and Interpretation on Laboratory Investigations, *Clinical Chemistry* 45:8, 1168–1175, 1999.
- Tolun, M. R., Sahin, S., and Oztoprak, K. Expert Systems. *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. 1–12, 2016.
- Yılmaz N., Şenol M. B., A fuzzy multi-criteria model for Occupational Health and safety risk assessment process and its application, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University* 32:1 77-87, 2017.

## Radar ve elektronik harp projelerinde “görev planlama” yazılımları için yazılım ürün hattı mimarisi kapsamında yeniden kullanılabilirlik yöntemlerinin uygulanması

Melis Bıyıklı, Suat Özdemir, Ozan Çetin

Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Ankara, Türkiye  
Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Ankara, Türkiye  
Aselsan A.Ş, Ankara, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: byklmelis@gmail.com

### Özet

Çalışma kapsamında Savunma Sanayi Kurumunda Elektronik Harp Yazılımlarından olan Görev Planlama projelerinin geliştirilme süreçlerinde kullanılmak üzere yazılım ürün hattı kapsamında yetenek hattı oluşturması yapılmıştır. Görev Planlama projelerinin kullanıcıya sunduğu yetenekler, farklı platformlardaki farklı sistemlerin ihtiyacına göre değişiklik göstermektedir. Bir sistemde kullanılacak Görev Planlama projesinin hangi yeteneklere sahip olacağı Sistem Tasarım Dokümanı (STD) dokümanı ve Yazılım Gereksinim Özellikleri (YGÖ) dokümanında yer almaktadır. Bu kapsamda yapılmış olan çalışmada yetenek setlerinin çıkarılması bu STD ve YGÖ dokümanlarından otomatik olarak yapılmıştır. Bu dokümanların çalışmada kullanılabilmesi için Türkçe doğal dil işleme kütüphanesi olan Zemberek kullanılmıştır. Kelime havuzu, uzman görüşü ve sezgisel yöntemlerle yapılan anket sonucu elde edilen ve yetenekleri tanımlayan kelime ve kelime gruplarından oluşmaktadır. Dokümanlardan ayrıştırılan ifadeler, kelime havuzunda aranmış ve eşleşenler tespit edilmiştir.

Havuzdaki kelimelerin hangi yeteneği temsil ettiği önceden belirtilmiş olduğu için eşleşen kelimelerden yetenek tespiti yapılabilmektedir. Böylece sistem dokümanında yer alan isteklerin, Görev Planlama projesindeki hangi yeteneğe karşılık geldiği tespit edilebilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Görev Planlama Yazılımları, Yazılım Ürün Hattı, Yetenek Hattı Oluşturma, Zemberek ile Türkçe Dil İşleme, Otomatik Yetenek Seçimi

### Application of reusability methods within the scope of software product line architecture for “task planning” software in radar and electronic warfare projects

#### Abstract

Within the scope of this study, a talent line was created within the scope of the software product line to be used in the development processes of the Task Planning projects, one of the Electronic Warfare Software, in the Defense Industry Institution. The capabilities offered by Task Planning projects to the user vary according to the needs of different systems on different platforms. The capabilities of the Task Planning project to be used in a system are included in the System Design Document (STD) document and the Software Requirement Features (YGO) document. In the study conducted within the scope of this study, the extraction of talent sets was made automatically from these STD and YGO documents. Zemberek is Turkish natural language processing library. It was used to use these documents in this study. Word pool is the word and word groups that are created as a result of a survey conducted by expert opinion and intuitive methods and define skills. The statements separated from the documents were searched in the word pool and the matching ones were identified. Ability detection can be made from matching words, because the words in the pool represent what skill it has been previously specified. Thus, it was possible to determine which requests in the system document correspond to the capability in the Task Planning project.

**Keywords:** Mission Planning Software, Software Product Line, Creating Talent Line, Turkish Language Processing with Zemberek, Automatic Talent Selection.

### GİRİŞ

Yazılımların kalitesini arttırabilmek ve geliştirme süreçlerini kısaltabilmek için yeniden kullanım vazgeçilmez bir kavram haline gelmiştir. Yeniden kullanılabilir nitelikteki bileşenlerin test edilmiş ve modüler halde

olması, geliştiriciler tarafından cazip görülmektedir. Yeniden kullanım, kod kullanılabilirliğini yükselten ve proje takvimlerinin kısalmaya kolaylaşmasını sağlayan bir tekniktir (Seungwon ve Choi, 2009).

Yeniden kullanılabilir bileşenler Yazılım Ürün Hattı verilen yapıyla bir araya getirilmektedir. Bu bileşenlerin çoğu sınıf seviyesinde olmakta ve yazılım içinde doğrudan kullanılan metotları oluşturmaktadır. Bu bileşenlerin sayısallaştırılmaması ve daha kolay metriklerle oluşturulamaması literatürde de sıkça görülmektedir. Yazılım Ürün Hattı kapsamında Görev Planlama yazılımlarında yeniden kullanılabilirliği değerlendirmek için literatürde pek çok araştırma yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre OSGİ (Open Services Gateway Initiative) platformu ve Ürün Hattı mimarisine dayalı yeniden kullanılabilirliği gerçekleyen metotlara rastlanmamıştır. Yapılmış çalışmanın Türkçe dili üzerine olması, alanında çok fazla örnek olmamasına yol açmaktadır (Cankurtaran ve ark., 2016).

Literatürde Yazılım Gereksinim dokümanlarından yeteneklerin çıkarılması için farklı yaklaşımlar mevcuttur. Hamza ve Walker, (Hamza ve Walker, 2015) yazılım ürün hattına ekleyebilmek için dokümanlardan özellik elde edebilmek adına doğal dil işleme tekniklerinden (Natural Language Processing- NLP) - FFRE metodunu uygulamıştır. Wang, (Wang, 2015) alan mühendisliğine katkı sağlayabilmek için makine öğrenmesi tekniğiyle bilgi çıkarımı yapmıştır. Bu tür teknikler yabancı kelime haznelerinin olduğu ortak veri tabanları sayesinde rahatlıkla kullanılabilirlerdir.

Görev Planlama projeleri deniz, kara ve hava platformlarında, görev öncesinde veritabanının ve saha yerleşim planı oluşturulmasında, görev esnasında veritabanı güncelleme, analiz yapma ve görev veri dosyaları oluşturmada kullanılırlar. Kullanıcılara görev verilerini kaydetmeyi, düzenlemeyi sağlayan kullanıcı arayüzü projeleridir. Görev Planlama projelerinin kullanıcıya sunduğu yetenekler, farklı platformlardaki farklı sistemlerin ihtiyacına göre değişiklik göstermektedir.

Bir sistemde kullanılacak Görev Planlama projesinin hangi yeteneklere sahip olacağı geliştiriciler tarafından STD dokümanı ve YGÖ dokümanı incelenerek tespit edilmektedir. STD ve YGÖ dokümanları sisteme verilecek yazılımlarda yer alması istenen yetenekleri içermektedir.

Bildiri kapsamında yapılan çalışma, yetenek setlerinin çıkarılmasının otomatik olarak yapılmasıdır. STD ve YGÖ dokümanları Türk Silahlı Kuvvetlerinin sistemlerinde kullanılacak projelerin özelliklerini içerdiği için Türkçe diliyle hazırlanmaktadır. Bu dokümanların çalışmada kullanılabilmesi için Türkçe doğal dil işleme kütüphanesi olan Zemberek kullanılmıştır. Zemberek ile STD ve YGÖ dokümanlarından ayrıştırılan kelimeler önceden oluşturulmuş kelime havuzunda aranmıştır. Kelime havuzu, uzman görüşü ve sezgisel yöntemlerle yapılan anket sonucu oluşturulan ve yetenekleri tanımlayan kelime ve kelime gruplarıdır. Dokümanlardan ayrıştırılan ifadeler, kelime havuzunda aranarak ve eşleşenler tespit edilmiştir. Havuzdaki kelimelerin hangi yeteneği temsil ettiği önceden belirtilmiş olduğu için eşleşen kelimelerden yetenek tespiti yapılabilmektedir.

## MATERYAL VE METOD

Bildiri kapsamında yapılmış olan çalışmada Zemberek kütüphanesi metotlarından faydalanılmıştır. Metinlerden sözcüklerin elde edilmesinde "StringTokenizer" isimli sınıf kullanılmaktadır. Noktalama işaretleri, rakamlar, bağlaçlar kelimelerden temizlenmektedir. Eylem içeren kelimelerin ek ve köklerine ayrılması için Tübitak'ın Türkçe doğal dil işleme için geliştirdiği Zemberek kütüphanesinden yararlanılmaktadır. Ön işleme aşamasında önceden belirlenmiş edat, bağlaç ve zamir yapıları dikkate alınmıştır. Bu tür sık kullanılan kelimelerin diğer kelimeler içinden çıkarılmasıyla anahtar kelimelerin bulunması kolaylaştırılmaktadır.

```
String word="koştuk";  
Zemberek zemberek=new Zemberek(new TurkiyeTurkcesi());  
zemberek.kelimeDenetle(word);  
String kok=zemberek.kelimeCozumle(word)[0].kok().icerik();
```

Şekil 1. Zemberek Kütüphanesi Kullanımı Örneği



Zemberek objesi oluşturulurken dil seçeneği olarak Türkiye Türkçesi seçilir. Şekil 1’de örnek bir kullanım gösterilmiştir. **kelimeDenetle()** methodu, bir kelimenin doğru yazılıp yazılmadığını kontrol etmektedir. Türkçe’de olmayan bir kelime ise “false” değeri döndürmektedir. Sonrasında kullanılan **kelimeCozumle()** methodu ile **Kelime** sınıfı listesi dönmekte ve **kok()** methodu ile çözümlenmiş kelimenin kökü bulunmaktadır. Ancak bu method bir **Kok** objesi döndürmektedir. Doküman içindeki ifadelerle anahtar kelimelerin kıyaslanması String tipi üzerinden yapılmaktadır. Bunun için **Kok** objesi içindeki değeri elde etmek için **içerik()** methodu kullanılır.

Yapılan çalışma önce örnek bir metin ve yetenek seti üzerinde denenmiştir. Sağlık konulu bir metin üzerinde önceden belirlenmiş “insülin, hormon, ilaç, sağlık, tiroit, kalori ve yiyecek” kelimeleri anahtar kelime olarak seçilmiştir. Yetenekler Zemberek kütüphanesindeki **KelimeCozumleyici.denetle()** metoduna gönderilerek karakter ve yazım açısından denetlenmiş ve bu kelimelerden 6 tanesi uygun görülmüştür. “İnsülin” kelimesi için metot sonucu false olarak belirlenmiş ve sağlık metni içerisinde aranacak anahtar kelimelerden çıkarılmıştır. Bu ön çalışma sonucunda denetleme metoduyla anahtar kelime kaybı yaşanabildiği gözlemlenmiştir.

Görev Planlama projeleri için Uzman Görüşü ve Sezgisel Yöntemlerle anket çalışması yapılmıştır. Bu anket çalışmasına göre ana yetenekler, alt yetenekler ve bu yetenekleri temsil eden niteleyici ifadeler belirlenmiştir.

Bu ifadeler geliştirilecek projede algoritmaya verilecek yetenek veri setini oluşturmaktadır. Ana metin olarak ise YGÖ veya STT dokümanları algoritmaya verilmektedir.

Sonrasında metin içinde 2 farklı yöntemle yetenek araması yapılmıştır. İlki bizzat kelime veya kelime gruplarının metin içinde aranmasıdır. İkinci yöntem ise metin içindeki kelimelerin ek ve köklerine ayrılarak yetenek setindeki anahtar kelimelerle eşleşmesine bakılmasıdır. İlk yöntemde başarının daha az olduğu gözlemlenmiştir. Çünkü “Kütüphane Sorgu, Kütüphane Silme” gibi anahtar kelimeler YGÖ ve STD dokümanlarında böyle kalıp ifade olarak yer almamaktadır. “Kütüphaneden silme işlemi yapılabilecektir” gibi bir ifade yer aldığına bu tür arama ile gözden kaçırılmaktadır. Bu yüzden ikinci yöntemde kelimeler ek ve köklerine ayrıştırılmıştır. Ek ve köklerine ayrıştırılan ifadelerde ana kelimeye odaklanılmıştır. “Radar EH uçuş patikası” ifadesi Zemberek kütüphanesinde Şekil 1’deki metotlara gönderildiğinde “radar, uç, patika” ifadeleri kök olarak bulunmakta ve String değere dönüştürülmektedir. Elektronik Harp kavramını temsil eden EH kısaltması göz ardı edilmektedir. Bu 3 kelime dokümanlar içinde aratıldığında ise dokümanda daha çok eşleşme gözlenmektedir.

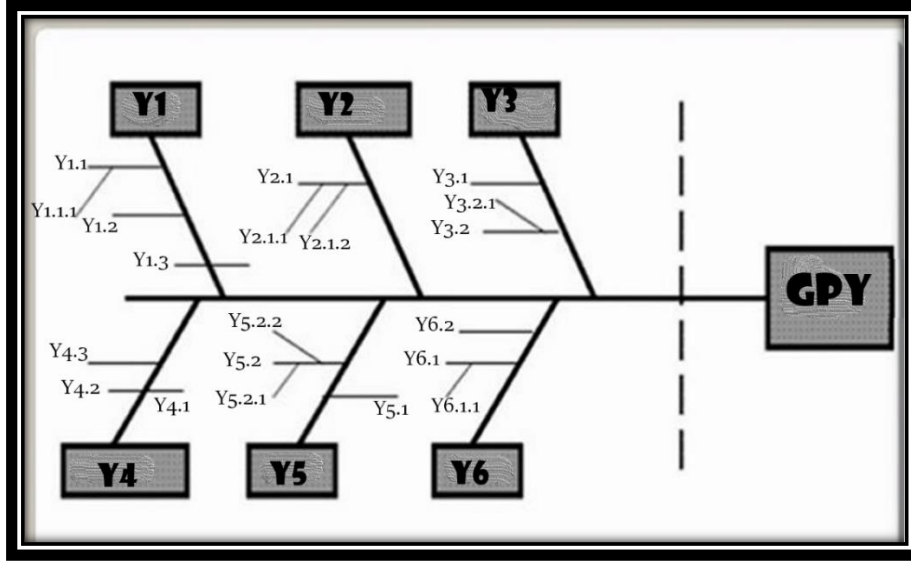
Ancak bu durumda 2.sorun oluşmaktadır. Bu kök kelimelerin doküman içerisinde geçme anlamları farklı olmaktadır. Mesela radar kelimesi dokümanda yazılım yeteneğini temsil etme dışında genel doküman formatında yer alan bir gösterge de olabilmektedir. Bu yüzden “Radar EH uçuş patikası” anahtar kelimesi aratılırken önce ek/kök ayrımı yapılmakta ve sonrasında bir veya iki öncesinde ya da sonrasında yer alan kelimelerle birlikte değerlendirilmektedir. İlgili anahtar kelime “uçuş patikası” ifadesi daha çok önem arz etmektedir. Bu durum hemen hemen tüm anahtar kelime veri setinde olduğu için her yeteneği temsil eden anahtar kelimeler arasında ağırlıklandırma yapılmıştır. Yetenekleri temsil eden her bir anahtar kelime Tablo 1’deki gibi ifade edilmiştir. Tablodaki kelimeler Görev Planlama projesinde “kendini koruma” yeteneği için anahtar kelimeleri içermektedir.

STD veya YGÖ dokümanlarında aşağıdaki ifadelerle rastlanırsa Kendini Koruma yeteneği olduğu çıkarımı yapılabilecektir. Anahtar kelimeler arasında yer alan KTAS (Karşı Tedbir Atım Sistemi) ifadesi diğerlerinden çok daha büyük öneme sahiptir. Dokümanlarda KTAS ifadesi geçiyorsa kesinlikle kendini koruma yeteneğinin o projede olacağı anlamına gelmektedir.

**Tablo 1.** Kelime Ağırlıkları

Füze	1
Füze KTAS	5
Lazer Tehdit	5
Füze Tehdit	5
KTAS	10

Bu doğrultuda her bir yetenek için hazırlanan anahtar kelimeler önceliklendirilmiş ve dokümanlarda aratılmıştır. Dokümanlarda rastlanan kelimelere göre yetenek setlerine karar verilmiştir. Bulunan yetenek setleri balık kılıçığı benzetmesi ile bir araya getirilerek Şekil 2'ye benzer bir görünüm halini almıştır.



Şekil 2. Yetenek Setleri

Şekil 2'de en başta Görev Planlama Yazılımını GPY ifadesi temsil etmektedir. Görev Planlama yazılımını oluşturan her bir yetenek ve o yetenekleri temsil eden anahtar kelimeler görselleştirilmiştir. Her yeni gelen proje için böylece Görev Planlama yazılımlarının ortak yetenekleri kolaylıkla tespit edilebilecek ve kullanılabilir olacaktır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Projelerin yeteneklerini ortaya koymak için hazırlanan STD ve YGÖ dokümanları birçok yazılıma dair bilgiler içermektedir. Bu dokümanlar geliştiriciler tarafından tek tek incelenmekte ve yazılım yetenekleri belirlenmektedir. Görev Planlama için STD'de ilgili başlığa gidilerek Türkçe ifadeler arasından yetenek tespiti yapılmaktadır. Yazılım yeteneklerinin çıkarılması, o sisteme özgü olanların veya tüm sistemlerce ortak kullanılan yeteneklerin tespiti bu dokümanlar incelenerek geliştirici tarafından manuel yapılmaktadır. Yetenek setlerinin belirlenmesinin bu şekilde gözle yapılması hatalara açık ve zaman alan bir süreçtir. Anahtar kelimenin gözden kaçması o sisteme verilecek Görev Planlama yazılımında eksik yetenek olmasına yol açabilmektedir. Bu sürecin arka planda bir sistem tarafından otomatik yapılması hem geliştiriciye zaman kazandırmakta hem de gözden kaçabilecek anahtar kelimeleri azaltmaktadır.

## SONUÇ

Çalışma kapsamında OSGI çerçevesinde ve Yazılım ürün hattı yaklaşımına uygun geliştirilmiş Görev Planlama yazılımı incelenmiştir. Görev Planlama yazılımının birden çok sisteme verilmesi ve her sistemde farklı yeteneklerinin bulunması geliştirme ve takip sürecini zorlaştırmaktadır. Çalışma Türkçe kaynaklar üzerinde yapıldığı için de ayrı bir öneme sahip olmaktadır. Türkçe kelimelerinin çalışmalarının zorluğu, literatür kaynağı azlığı ve kullanım alanı darlığı sebebiyle çalışma sürecinde zorluklara yol açmıştır. Geliştiricilerle birlikte metodun uygulanabilirliği ve kullanılabilirliği analiz edilmiştir. Başarı oranını yükseltmek için çalışmalar ve örnek doküman veri seti incelemeleri devam edecektir. Böylece yeni yeteneklerin eklenmesine elverişli, giderek gelişen ve yeniden kullanılabilir bileşenleri kolaylıkla tespit edilebilen bir ürün ortaya çıkabilecektir. İlerleyen zamanlarda çalışmanın devamında kelime doküman matrisi veya yetenek doküman matrisi oluşturularak bir dokümanda yer alan yetenekler göz önüne alınabilir. Sonrasında yeni gelen bir projeye ait yeni dokümanların daha önceki hangi projedeki dokümanlarla benzerlik gösterdiği incelenerek projeler arası benzerlik çalışması ortaya konabilir. Bu durumun geliştirme süreçlerine de katkısı yüksek olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] Cankurtaran, E., Cilden, E., Tarhan, A., 2016. Bileşen Tabanlı ve Ürün Hattı Yazılım Geliştirme Yaklaşımlarında Yeniden Kullanılabilirlik Metraclark, UYMS'16.
- [2] Seungwon, L., Choi, H., 2009. Software Component Reusability Measure In Component Grid, 11th International Conference on Advanced Communication Technology, PyeongChang, South Korea, Vol. 1, 576–578.
- [3] Hamza, M., Walker, R., 2015. Recommending Features and Feature Relationships from Requirements Documents for Software Product Line, 2015 IEEE/ACM 4th International Workshop on Realizing AI Synergies in Software Engineering.
- [4] Wang, Y. 2015. Semantic Information Extraction for Software Requirements using Semantic Role Labeling, 2015 *IEEE*.

## Yarım köprü LLC rezonans dönüştürücünün analizi

Akif Karafil

Yalova Üniversite, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Yalova, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: akifkarafil@hotmail.com

### Özet

Çalışmada 360 W gücündeki yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü devrenin analizi yapılarak devre parametreleri hesaplanmıştır. Yapılan analize göre rezonans frekansındaki devrenin çalışma aralıkları detaylı olarak incelenmiştir. Analiz için Mathcad 14.0 programı kullanılmıştır. Analizi gerçekleştirilen yarım köprü LLC rezonans dönüştürücünün lineer eşdeğer devresinin parametre değerleri hesaplanmış ve hesaplanan bu değerlere göre devrenin sinüzoidal formları elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü, matematiksel analiz, lineer eşdeğer devre.

### Analysis of half bridge LLC resonant converter

#### Abstract

In the study, the circuit parameters were calculated by analysing the half bridge LLC resonant converter circuit with 360 W power. According to the analysis, the operating ranges of the circuit in the resonant frequency were examined in detail. Mathcad 14.0 program was used for analysis. The parameter values of the linear equivalent circuit of the analysed half bridge LLC resonant converter were calculated and sinusoidal forms of the circuit were obtained according to these calculated values.

**Keywords:** Half bridge LLC resonant converter, mathematical analysis, linear equivalent circuit.

### GİRİŞ

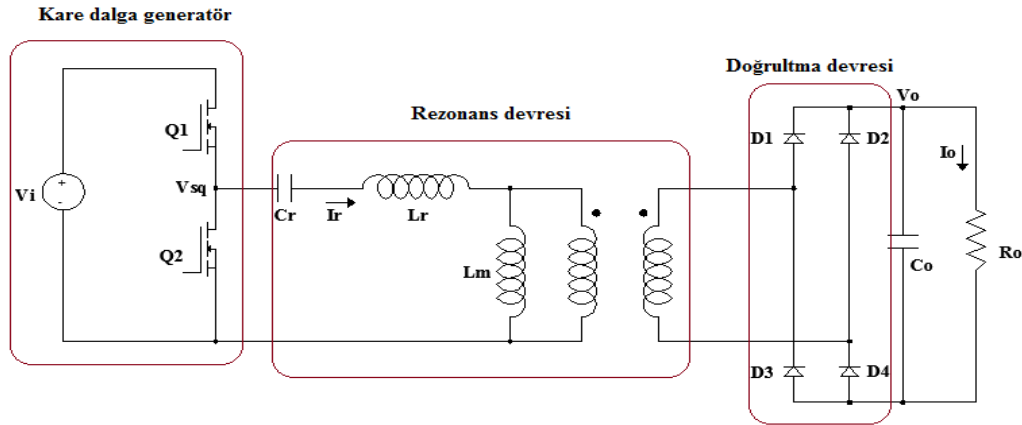
Geleneksel güç dönüştürücülerinde (azaltan, yükselten ve azaltan-yükselten) karşılaşılan en temel problem yüksek anahtarlama kayıplarıdır. Anahtarlama kaybı, anahtarlama durumunda güç anahtarından geçen akım ile anahtar uçlarındaki gerilimin üst üste binmesiyle oluşan kayıptır. Bu kayıp anahtarlama frekansı ile doğru orantılıdır. Yüksek anahtarlama kayıpları, güç dönüştürücülerinin çalışma frekansını sınırlandırırken aynı zamanda düşük verimliliğe de neden olmaktadır. Bununla birlikte pasif devre elamanlarının ve soğutma sisteminin de boyutlarının büyümesine; yani devrenin hacminin artmasına neden olur (Bodur ve ark., 2002; Karafil ve ark., 2019; Choi, 2007). Tüm bu faktörler devrenin maliyetini arttırmaktadır. Ayrıca anahtarlama işlemi sırasında oluşan büyük sıçrama akım ve yüksek gerilim değerleri elektromanyetik girişim (EMI) gürültülerine neden olur. Bu gürültüler eş zamanlı olarak çalışan tüm elektronik cihazların sinyallerini bozar (Oncu ve Karafil, 2017; Alonso, 2012). Sert anahtarlama karşılaşılan tüm bu problemlerin giderilmesi için yumuşak anahtarlama teknikleri kullanılması gerekir. Yumuşak anahtarlama teknikleri genel olarak sıfır akımda anahtarlama (ZCS) ve sıfır gerilimde anahtarlama (ZVS) olmak üzere ikiye ayrılır. Yumuşak anahtarlama koşulları rezonans ve kısmi rezonans dönüştürücü topolojileri ile gerçekleştirilir (Chen ve ark., 2010). Kısmi rezonans dönüştürücüleri, geleneksel dönüştürücüler ile rezonans dönüştürücüleri arasında yer almaktadır. Rezonans elemanları sayesinde anahtardan geçen akım veya gerilim sinüs eğrisi şeklinde salınım yaparak sıfır gerilim veya sıfır akım anahtarlama gerçekleştirilir (Batarseh, 1994).

Rezonans dc/dc dönüştürücü, devre içine L-C rezonans tank devresinin eklenmesiyle özel bir dönüştürücü sınıfına girer. Bu dönüştürücülerdeki temel prensip, çalışma frekansının değiştirilmesiyle rezonans tank devresinden elde edilen enerjinin dolaşmasını ve bu şekilde giriş gücünün istenilen çıkış gerilimine ulaşmasını sağlamaktır. Rezonans dönüştürücü, anahtarlama devresi, rezonans tankı ve doğrultma devresinden oluşmaktadır (Tan ve Ruan, 2016; Lee ve Moon, 2014). Anahtarlama devresi yarım veya tam köprü olabilir. Anahtarlama devresindeki anahtarlar girişteki dc kaynağı kare dalga ac sinyale dönüştürerek bu sinyali rezonans tank devresine uygular. L ve C elemanlarından oluşan rezonans tank devresi, kare dalgadaki istenmeyen harmonik bileşenlerini ortadan kaldırır ve sinüzoidal bir ac sinyal oluşturur. Doğrultma devresi ise bu sinüzoidal ac sinyali doğrultarak dış devreye aktarır (Kazimierczuk ve Czarkowski, 2012).

Rezonans dönüştürücüler son yıllarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Çünkü verimlilikleri yüksek, EMI gürültüleri daha az olup PWM dönüştürücülerin yüksek frekans çalışması sonucu oluşan yüksek anahtarlama kayıpları da bu dönüştürücülerde azdır. Ayrıca yüksek frekansta çalışılmasından dolayı trafo ile filtreleme elemanlarının boyutlarının küçülmesi devrenin hacimce küçülmesini sağlayarak maliyetini de düşürmektedir. Rezonans dönüştürücülerin en yaygın topolojileri seri rezonans dönüştürücü (SRC), paralel rezonans dönüştürücü (PRC) ve seri-paralel rezonans dönüştürücü (SPRC) olarak üçe ayrılır (Belaguli ve Bhat, 2000).

## LLC REZONANS DÖNÜŞTÜRÜCÜ

SPRC, SRC ve PRC'nin dezavantajlı kısımlarını ortadan kaldırmak için en az üç veya dört depolama elemanı ile oluşturulan dönüştürücülerdir. SPRC'nin avantajı, SRC ve PRC'nin iyi özelliklerini birleştirmesidir. SRC ve PRC'nin birçok dezavantajı ve sınırlılıkları vardır. SRC'de yük değişimleri ve giriş gerilimindeki geniş aralık sınırlılıkları vardır ve yük olmadığında çıkışı regüle edemezler. PRC'de primer tarafındaki akım yük durumundan tamamen bağımsızdır. Sonuç olarak belirli miktardaki akım yük olmadığı durumda dahi rezonans devresinde dolaşabilir. SPRC'deki en büyük dezavantaj ise geniş giriş aralığı olduğu için iletim ve anahtarlama kayıplarının artmasıdır. Bu topolojide en çok LLC ve LCC tipi dönüştürücüler kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2006). LLC topolojisinin LCC topolojisine göre daha çok avantajları bulunmaktadır. LLC'nin avantajları şunlardır; değişken anahtarlama frekansının aralığı küçüktür, normal çalışma verimliliğini azaltmadan geniş çalışma aralığına sahiptir ve trafonun manyetik endüktansını kullanarak ZVS elde edilebilir. Şekil 1'de yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü devresi gösterilmiştir.



Şekil 1. Yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü devresi

LLC rezonans dönüştürücüde  $L_r$  ve  $C_r$  seri,  $L_m$  trafonun primer sargı girişine paraleldir.  $L_m$  trafonun manyetik endüktansındır. Seri rezonans endüktansının ( $L_r$ ) bir kısmı veya tamamı trafonun kaçak endüktansı olabilir. Yani manyetik elemanların bir trafoya entegre edilebilir olması devre eleman sayısının azaltılmasını sağlayarak maliyeti düşürür (Fang ve ark., 2013).

LLC rezonans dönüştürücülerde  $L_m$  değeri  $L_r$  değeriyle kıyaslanabilir ve de rezonansa dahil edilir.  $L_m$ 'nin eklenmesiyle dönüştürücünün DC karakteristikleri SRC'den daha gelişmiş olacaktır. Çünkü bu durumda kazanç aralığını artacaktır ve geniş yük değişikliklerinde ZVS çalışma bölgesi de artacaktır. LLC rezonans dönüştürücünün karmaşıklığından dolayı tasarım esnasında üç ana formül vardır. Bunlar; rezonans frekansı, karakteristik faktör ve endüktans faktörüdür.  $Q$  karakteristik faktörü, karakteristik empedans ve yük arasındaki orandır.  $k$  ise manyetik ile rezonans endüktansı arasındaki orandır. Geleneksel SRC veya PRC tasarımlarında basitçe  $Q$  değerini seçmek yerine LLC'de  $k$  ve  $Q$  elemanlarının tanımlanması gerekir.

$$k = \frac{L_m}{L_r} \quad (1)$$

$$Q = \frac{\sqrt{L_r/C_r}}{R_{AC}} \quad (2)$$

$k$  değeri küçük olunca daha fazla kazanç elde edilir. Fakat  $k$  değeri de çok küçük olursa trafoda zayıf kuplaj meydana gelir.  $k$  değeri ayrıca dönüştürücüdeki kayıpları da etkiler. İletim kayıplarının en büyük nedeni

manyetik akımdır.  $k$  değeri ayrıca anahtarlama kaybını da etkiler. Yüksek verimlilik için manyetik akımın minimize edilmesi gerekir. Bu yüzden literatürde  $k$  değerinin 3 ile 10 arasında olması gerektiği ifade edilmiştir (Choi, 2007; Lu ve ark., 2006).

### Yarım Köprü LLC Rezonans Dönüştürücü Devrenin Analizi

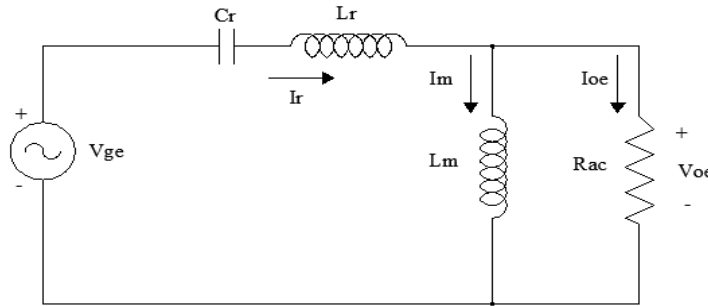
LLC dönüştürücünün transfer fonksiyonu lineer değildir. Bu yüzden rezonans devre elemanlarının matematiksel olarak ifadelerini çıkarmak zordur. Devrenin analizinin karmaşık olmasından dolayı rezonans tank parametrelerinin seçiminde net bir tasarım prensibi yoktur. Bu topolojilerde en çok kullanılan metot temel harmonik yaklaşımıdır (FHA). Bu yaklaşım ile kazanç ya da giriş-çıkış gerilim transfer fonksiyonu geliştirilebilir. Bu süreçteki aşamalar şu şekildedir;

Trafonun primer-sekonder gerilimi ve akımı temel bileşenleri ile gösterilir. Bütün yüksek dereceli harmonikler göz ardı edilir.

Çıkış kondansatörü ve trafonun sekonderindeki kaçak endüktans etkisi göz ardı edilir.

Sekonder tarafındaki değişkenler primer kısma aktarılır (Çetin, 2017; Fang ve ark., 2013; Huang, 2010).

Bu aşamalar tamamlandıktan sonra yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü devre modeline dönüşümü Şekil 2'deki gibi olur.



Şekil 2. Yarım köprü LLC rezonans dönüştürücünün lineer eşdeğer devresi

Burada; hem çıkış gerilim  $V_{oe}$  hem de giriş gerilimi  $V_{ge}$  sinüsoidaldir. Bu yaklaşıma göre;

Temel gerilim  $V_{ge}$ ;

$$V_{ge}(t) = \frac{2}{\pi} \cdot V_{in} \cdot \sin(2\pi f_{sw} t) \quad (3)$$

$V_{ge}$ 'nin etkin değeri;

$$V_{ge} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \cdot V_{in} \quad (4)$$

Temel çıkış gerilimi  $V_{oe}$ ;

$$V_{oe}(t) = \frac{4}{\pi} \cdot n \cdot V_o \cdot \sin(2\pi f_{sw} t - \varphi_v) \quad (5)$$

$\varphi_v$ ,  $V_{oe}$  ile  $V_{ge}$  arasındaki açıdır.  $V_{oe}$ 'nin etkin değeri;

$$V_{oe} = \frac{2\sqrt{2}}{\pi} \cdot n \cdot V_o \quad (6)$$

$$i_{oe}(t) = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{n} \cdot I_o \cdot \sin(2\pi f_{sw} t - \varphi_i) \quad (7)$$

$\varphi_i$ ,  $V_{oe}$  ile  $i_{oe}$  arasındaki açıdır.  $I_{oe}$ 'nin etkin değeri;

$$I_{oe} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} \cdot \frac{1}{n} \cdot I_o \quad (8)$$

AC eşdeğer yük direnci;

$$R_{AC} = \frac{V_{oe}}{I_{oe}} = \frac{8.n^2}{\pi^2} \cdot \frac{V_o}{I_o} = \frac{8.n^2}{\pi^2} \cdot R_o \quad (9)$$

Manyetik akımın etkin değeri;

$$I_m = \frac{V_{oe}}{\omega.L_m} = \frac{2\sqrt{2}.n.V_o}{\pi.\omega.L_m} \quad (10)$$

Seri rezonans devresinden geçen akım;

$$I_r = \sqrt{I_m^2 + I_{oe}^2} \quad (11)$$

Dönüştürücünün analizinde kullanılacak diğer ifadeler şunlardır; trafo dönüştürme oranı (n), karakteristik empedans ( $Z_o$ ), birinci ( $f_r$ ) ve ikinci rezonans frekansı ( $f_o$ ), rezonans kondansatörünün etkin gerilimi ( $V_{crRMS}$ ) (Huang, 2010).

$$n = \frac{V_{inmax}}{2.V_o} \quad (12)$$

$$Z_o = \sqrt{\frac{L_r}{C_r}} \quad (13)$$

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_r.C_r}} \quad (14)$$

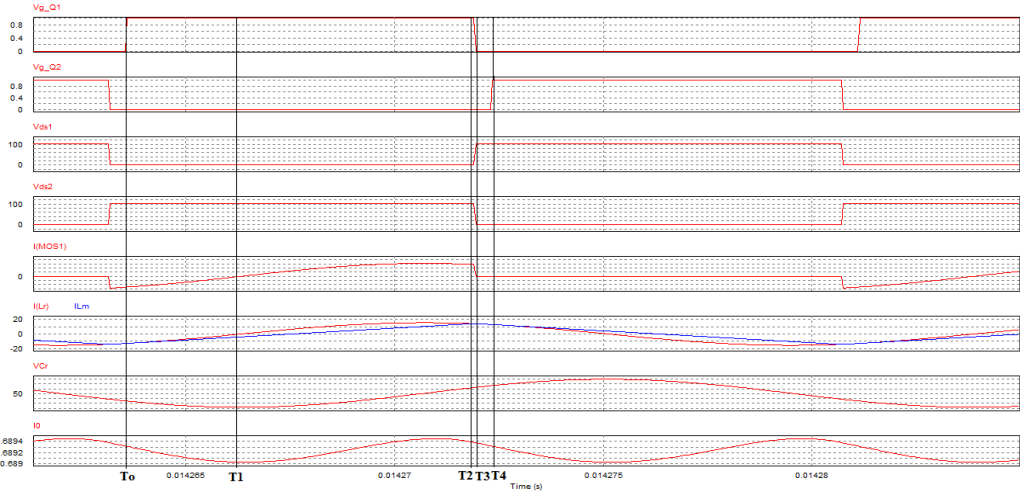
$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L_r + L_m).C_r}} \quad (15)$$

$$V_{crRMS} = \sqrt{\left(\frac{V_{inom}}{2}\right)^2 + \left(\frac{I_r}{\omega.C_r}\right)^2} \quad (16)$$

### Çalışma Aralıkları

LLC rezonans dönüştürücü topolojisinin üç çalışma bölgesi vardır. Bu bölgelerden ikisi ZVS olarak (rezonans üstü ve altı) sınıflandırılır. Diğer bölge ise ZCS'dir. Normalde rezonans dönüştürücülerde sadece ZVS bölgesi tercih edilir. Çünkü ZVS yumuşak anahtarlama olarak görev görür bu da anahtarlama kayıplarını azaltır. Öte yandan ZCS bölgesinden kaçınılır. Çünkü bu bölgede LLC rezonans dönüştürücü sert anahtarlama olarak çalışır bu da yüksek anahtarlama kayıplarına yol açar (Nacar ve Öncü, 2019).

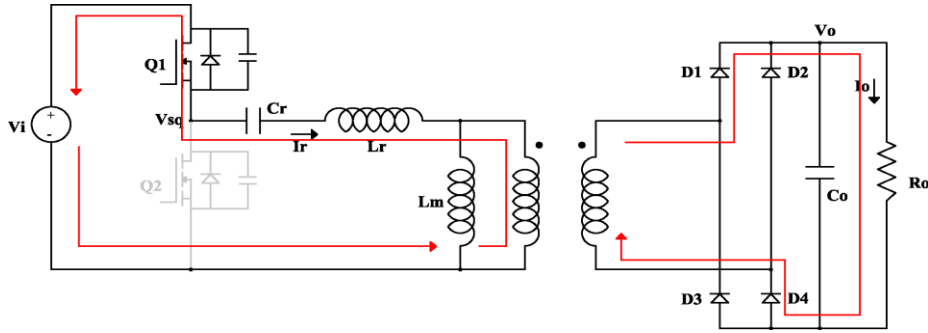
Anahtarlama frekansı rezonans frekansına eşit olunca LLC rezonans devresi en basit modda çalışır. Bu yüzden çalışma aralıkları anahtarlama frekansının rezonans frekansına eşit olduğu durumlar için değerlendirilmiştir. Şekil 3'te yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü devrenin rezonans frekansına ait dalga şekilleri verilmiştir.



Şekil 3. Yarı köprü LLC rezonans dönüştürücü devrenin rezonans frekansındaki dalga şekilleri

### Mod 1 ( $t_0 \leq t \leq t_1$ )

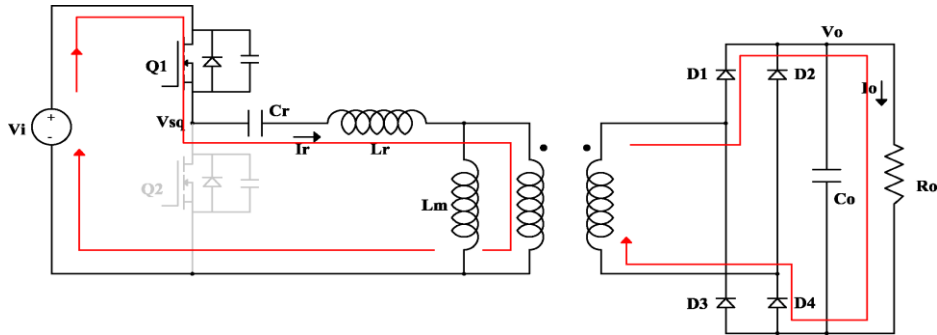
Bu modda güç anahtarı Q1 kapalı Q2 anahtarı açık durumdadır. Şekil 4'te Mod 1'e ait eşdeğer devre gösterilmiştir. Bu modda manyetik endüktans sabit gerilim ile şarj olur. Rezonans akımı, Q1 anahtar elemanının üzerinden akar.



Şekil 4. Mod 1'e ait eşdeğer devre

### Mod 2 ( $t_1 \leq t \leq t_2$ )

Bu modda güç anahtarı Q1 kapalı Q2 anahtarı açık durumdadır. Şekil 5'te Mod 2'e ait eşdeğer devre verilmiştir. Bu modda manyetik endüktans kısa devredir ve geçen akım lineer olarak artar. Manyetik endüktanstan geçen akımın dalga formu üçgen şeklindedir. Bu durumda manyetik endüktans gerilimi  $V(L_m) = (N_s/N_p) \cdot V_o$  olur. Manyetik endüktans ile rezonans kondansatörü rezonanstadır. Rezonans akımı ve kondansatör uçlarındaki gerilim saf sinüsoidaldir.

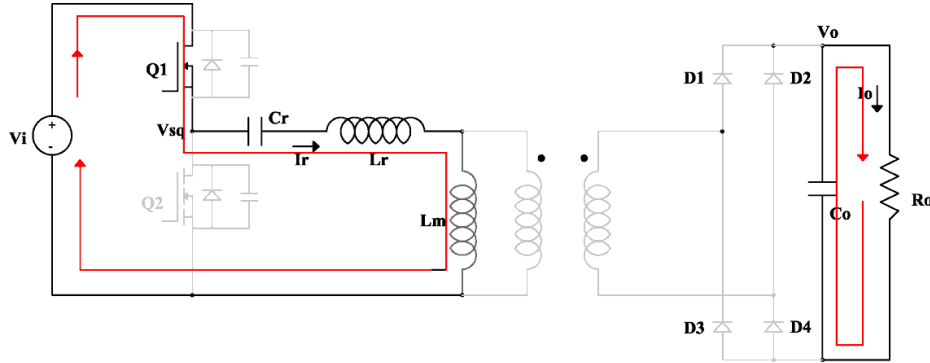


Şekil 5. Mod 2'e ait eşdeğer devre



### Mod 3 ( $t_2 \leq t \leq t_3$ )

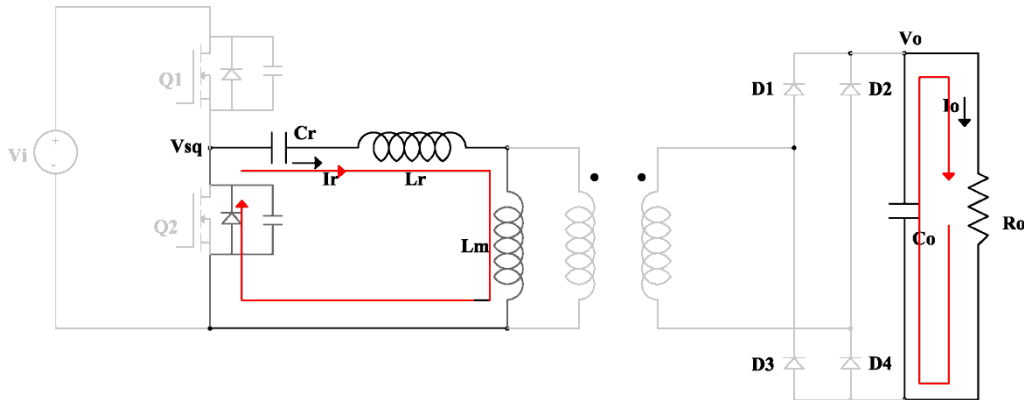
Bu modda güç anahtarı Q1 kapalı Q2 anahtarı açık durumdadır. Aynı zamanda diyotlarda açık konumdadır. Şekil 6'da Mod 3'e ait eşdeğer devre gösterilmiştir. Rezonans akımı, manyetik akıma eşittir. Akım dalga şekilleri sinüsoidaldir. Bu mod nonlineer aşamadır. Fakat bu aşamanın tamamı da ZVS bölgesi içerisinde. Trafonun sekonderi açık devre durumundadır.



Şekil 6. Mod 3'e ait eşdeğer devre

### Mod 4 ( $t_3 \leq t \leq t_4$ )

Bu modda güç anahtarı Q1 ve Q2 anahtarları açık durumdadır. Yani; bu kısım her iki anahtar arasındaki ölü zaman aralığıdır. Şekil 7'de Mod 4'e ait eşdeğer devre verilmiştir. Trafonun sekonderi açık devre durumundadır. Bu mod, Q2 anahtarının kapalı konuma geçmesine kadar devam eder (Microelectronics, 2008).



Şekil 7. Mod 4'e ait eşdeğer devre

## MATHCAD ANALİZİ

Devrenin analizinde kullanılacak olan parametreler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Devre parametreleri

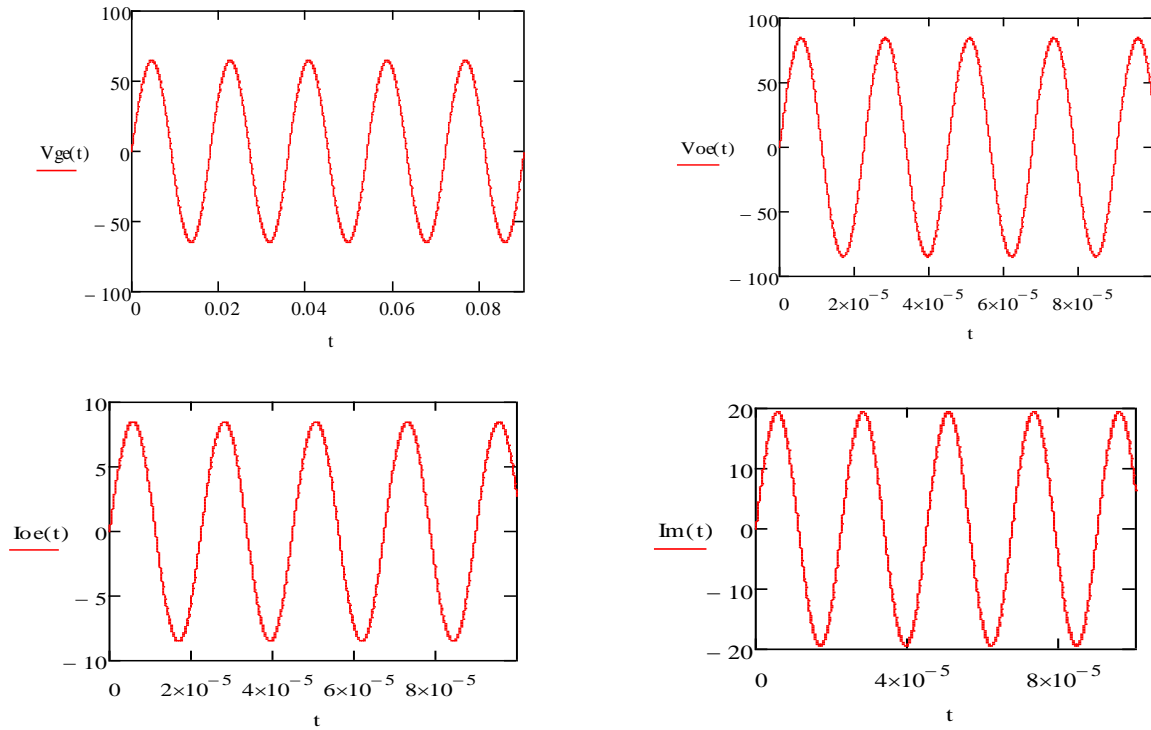
Giriş gerilim aralığı ( $V_{inmin}-V_{inmax}$ )	53-133 V
Dönüştürücünün çıkış gücü ( $P_o$ )	360 W
Dönüştürücünün çıkış gerilimi ( $V_o$ )	400 V
Birinci rezonans frekansı ( $f_r$ )	57 kHz
Manyetik ile rezonans endüktansı arasındaki oran ( $k$ )	3

Belirlenen parametrelere göre Mathcad 14.0 programında yapılan analizlere göre hesaplanan değerler Tablo 2'de verilmiştir. Nominal giriş gerilimi 102 V ve anahtarlama frekansı 44,5 kHz olarak seçildiğinde lineer

eşdeğer devresinde tanımlanan giriş gerilimi ( $V_{ge}$ ), çıkış gerilimi ( $V_{oe}$ ), çıkış akımı ( $I_{oe}$ ) ve manyetik endüktanstan geçen akıma ( $I_m$ ) ait sonuçlar Şekil 8'de gösterilmiştir.

**Tablo 2.** Programda hesaplanan değerler

Çıkış yük direnci ( $R_o$ )	444 $\Omega$
Trafo dönüştürme oranı ( $n$ )	0,16
AC eşdeğer direnç ( $R_{AC}$ )	9,9
Rezonans kondansatörü ( $C_r$ )	1,03 $\mu F$
Rezonans endüktansı ( $L_r$ )	5,19 $\mu H$
Manyetik endüktans ( $L_m$ )	15,6 $\mu H$
İkinci rezonans frekansı ( $f_o$ )	34,25 kHz
Giriş geriliminin RMS değeri ( $V_{geRMS}$ )	45,91 V
Çıkış geriliminin RMS değeri ( $V_{oeRMS}$ )	59,87 V
Çıkış akımının RMS değeri ( $I_{oeRMS}$ )	6,01 A
Manyetik endüktanstan geçen akımın RMS değeri ( $I_{mRMS}$ )	13,72 A
Rezonans kondansatörünün RMS gerilim değeri ( $V_{crRMS}$ )	67,04 V



**Şekil 8.** Giriş gerilimi ( $V_{ge}$ ), çıkış gerilimi ( $V_{oe}$ ), çıkış akımı ( $I_{oe}$ ) ve manyetik endüktanstan geçen akımın ( $I_m$ ) sinüzoidal formları

## SONUÇ

Bu çalışmada, yarım köprü LLC rezonans dönüştürücü devrenin matematiksel analizi yapılarak devrede kullanılacak parametre değerleri Mathcad programında hesaplanmıştır. Belirlenen parametre değerlerine göre yarım köprü LLC rezonans dönüştürücünün lineer eşdeğer devresindeki giriş gerilimi, çıkış gerilimi ve akımı ile manyetik endüktanstan geçen akımın değerleri programda hesaplatılarak sinüzoidal formları çizdirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alonso JM, Perdigao MS, Vaquero DG, Calleja AJ, & Saraiva ES 2011. Analysis, design, and experimentation on constant-frequency DC-DC resonant converters with magnetic control. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 27(3): 1369-1382.
- Batarseh I 1994. Resonant converter topologies with three and four energy storage elements. *IEEE Transactions on power electronics*, 9(1): 64-73.
- Belaguli V, & Bhat AK 2000. Series-parallel resonant converter operating in discontinuous current mode. Analysis, design, simulation, and experimental results. *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Fundamental Theory and Applications*, 47(4): 433-442.
- Bodur H, Aksoy İ, & Akın B 2002. DC-DC dönüştürücülerde yumuşak anahtarlama teknikleri. *Kaynak Elektrik*, 158: 100-108.
- Chen W, Rong P, & Lu Z 2010. Snubberless bidirectional DC-DC converter with new CLLC resonant tank featuring minimized switching loss. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 57(9): 3075-3086.
- Choi H 2007. Analysis and design of LLC resonant converter with integrated transformer. In *APEC 07-Twenty-Second Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition*, pp. 1630-1635.
- Çetin S 2017. Veri merkezi uygulamaları için yüksek verimli bir LLC rezonanslı DC-DC dönüştürücü tasarımı. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 5(1): 45-54.
- Fang X, Hu H, Chen F, Somani U, Auadisiyan E, Shen J, & Batarseh I 2013. Efficiency-oriented optimal design of the LLC resonant converter based on peak gain placement. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28(5): 2285-2296.
- Huang H 2010. Designing an LLC resonant half-bridge power converter. In *2010 Texas Instruments Power Supply Design Seminar, SEM1900*, 3: pp. 1-27.
- Karafil A, Ozbay H, & Oncu S 2020. Design and analysis of single phase grid tied inverter with PDM MPPT controlled converter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 35(5): 4756-4766.
- Kazimierczuk MK, & Czarkowski D 2012. *Resonant power converters*. John Wiley & Sons.
- Lee IO, & Moon GW 2014. The k-Q analysis for an LLC series resonant converter. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 29(1): 13-16.
- Lu B, Liu W, Liang Y, Lee FC, & Van Wyk JD 2006. Optimal design methodology for LLC resonant converter. In *Twenty-First Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition*, pp. 533-538.
- Microelectronics ST 2008. An introduction to LLC resonant half-bridge converter. AN2644.
- Nacar S, & Öncü S 2019. Hydrogen production system with fuzzy logic-controlled converter. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 27(3): 1885-1895.
- Oncu S, & Karafil A 2017. Pulse density modulation controlled converter for PV systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(28): 17823-17830.
- Tan X, & Ruan X 2016. Equivalence relations of resonant tanks: A new perspective for selection and design of resonant converters. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63(4): 2111-2123.

## Bayan dış giyiminde üretim akışı ve zamanlarının analizi

Can Ünal (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7885-7720>)

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [cunal@nku.edu.tr](mailto:cunal@nku.edu.tr)

### Özet

Bu çalışmada bayan dış giyim üretimi yapılan bir firmada işletmeye tekrar siparişi gelen beş farklı modelin üretimi için üretim akışı oluşturulmuş, daha sonra bu bantta zaman etüdü uygulaması yapılmış ve bu uygulama ile standart süreleri belirlenmiştir. Zaman etüdü ölçümünde işletmenin bant akışı dikkate alınmış, dijital kronometre ile ölçüm yapılmıştır. Her bir operasyon için 15 adet gözlem yapılmış, gözlem adetlerinin geçerliliği istatistiksel olarak kontrol edilmiştir. Gözlemler sonunda elde edilen sürelerin ortalaması ile temel zamanları bulunmuştur. Daha sonra bu temel zamanlara toleranslar eklenerek standart süreler hesaplanmıştır. Belirlenen standart süreler sayesinde, müşteri siparişlerinin ne kadar sürede teslim edileceğinin belirlenmesi ve işletmenin ne kadar sipariş alabileceğinin tahmin edilmesi mümkün olmuştur. Ayrıca farklı operasyonda çalışacak kişi sayısını belirlemek için hat dengeleme yapılmıştır. Hat dengeleme sırasında, her modele ait sipariş adetleri dikkate alınarak çevrim süreleri belirlenmiştir. Bunların yanı sıra üç aylık çalışma süresince işletmede gözlemlenen farklı sorunlar belirlenmiş, çalışanların daha motive ve verimli olmasını sağlayacak etkenler de göz önüne alınarak çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Konfeksiyon, zaman etüdü, üretim akışı, hat dengeleme, verimlilik

### Analysis of Production Flow and Times in Women's Outerwear

#### Abstract

In this study, a production flow was created for the production of five different models that were reordered frequently in a company where women's outerwear was produced, then a time study was applied on production line and the standard unite times were determined with this application. In the time study measurement, the line flow of the enterprise was taken into account, and the measurement was made with a digital stopwatch. 15 observations were made for each operation, and the validity of the number of observations was statistically checked. The basic times were found by taking the average of the times obtained at the end of the observations. Then, the standard times were calculated by adding tolerances to basic times. Thanks to the determined standard times, it is possible to determine how long customer orders will be delivered and estimate how many orders the business can receive. In addition, line balancing was made to determine the number of people to work in different operations. During line balancing, cycle times were determined by considering the order quantities of each model. In addition to these, different problems observed in the company during the three-month working period were determined, and various suggestions were made considering the factors that would make the employees more motivated and productive.

**Keywords:** Apparel industry, time study, production flow, line balancing, productivity

### GİRİŞ

Hazır giyim sektörü yerel rekabet ortamından küresel rekabet ortamına geçişte, işgücü maliyeti Türkiye'dekine oranla çok düşük olan ülkelerle rekabet edebilmesi için verimlilik ve kalite seviyesini arttırmak zorundadır (Yıldız, 2006). İşletmelerin rekabet gücünü arttıran en önemli performans ölçütlerinden biri verimliliğidir. Basit olarak çıktı/girdi oranı olarak tanımlanan verimlilik, üretim miktarının artırılması veya kullanılan üretim faktörlerinin azaltılması ile yükseltilebilmektedir. Verimlilik artışı ile işletmeler maliyetlerinin düşmesini ve işletme kârlılığının artmasını sağlamaktadır. İşletmeler bu amaçla verimliliği arttırmak üzere çeşitli yaklaşımlar ve teknikler kullanmaktadırlar (Demirbaş, 2010).

İş etüdü tekniği verimliliği artırma tekniklerinden biridir. İş etüdü, üretim faktörlerinin kullanım etkinliğini yükseltmekte ve özellikle emeğin verimliliğini arttırmada yaygın şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca zaman etüdü tekniğinin maliyetinin oldukça düşük olmasına karşın ciddi verimlilik artışları sağlayabiliyor olması, bu tekniği özellikle küçük boyutlu işletmeler için gerekli ve faydalı kılmaktadır (Temiroğlu, 2007). Zaman etüdü,

sistemattiktir ve her yerde uygulanabilir. Yatırım harcaması gerektirmez ve ciddi verimlilik artışları sağlamaya yardımcı bir tekniktir. İşletmelerde bu etüdün sağlayacağı bilgilere ihtiyaç duyulur. Bu yüzden kullanılan en yaygın yöntemdir (Oğuz, 2007).

Bu çalışma da bayan dış giyimi üretimi yapan bir işletmede zaman etüdü çalışması gerçekleştirilmiştir. Beş farklı model için yapılan çalışmanın ayrıntıları aşağıdaki bölümlerde açıklanmaktadır.

## MATERYAL VE METOD

Bu bölümde uygulamanın yapıldığı firma hakkında genel bilgi verilmiştir. Ayrıca üretimi ile ilgilenilen ürünlerin içeriği hakkında bilgi, zaman etüdünün tanımı, önemi ve kullanım alanları anlatılmış olup zaman etüdü araçlarından bahsedilmiştir. Zaman etüdü yapılırken izlenmesi gereken koşullar ve etüdün aşamaları açıklanmıştır.

Çalışmanın gerçekleştiği işletme İstanbul'da kurulmuştur ve farklı semtlerde perakende mağazaları bulunmaktadır. İşletme günlük giyim, moda ve aksesuarlardan oluşan geniş bir ürün yelpazesine sahiptir. Konfeksiyon dışında örme kumaş üretimi de yapılmaktadır. İşletmenin temel ürün gamını bayan dış giyimi oluşturmaktadır. Yöneticiler ve diğer birimlerle birlikte toplamda 201 çalışana sahip işletmenin dikimhanesinde 50 kişi çalışmaktadır.

Çalışmanın materyallerini, örme ve dokuma bayan dış giyim oluşturmaktadır. İşletmeye en sık gelen 5 modelin üretimi sırasında hattın nasıl düzenlenmesinin daha uygun olacağı ve ürünlerin ne kadar sürelerde üretildiği bulunmaya çalışılmıştır. Çalışılan ürünlerde kullanılan kumaşlar, model özellikleri Tablo 1'de verilmektedir.

Bir zaman etüdü çalışmasının yapılması genellikle aşağıdaki sekiz adımdan oluşmaktadır (Kanawaty, 1992);

İşin yapılışını etkilemesi mümkün olan iş, operasyon ve çevre koşulları hakkındaki tüm bilgilerin elde edilmesi ve kaydedilmesi.

Yöntemin tam bir tanımını yapma ve işlemi elementlere ayırma.

En etkili yöntemin ve hareketlerin kullanıldığından emin olmak için, işin detaylı olarak incelenmesi ve gerekli gözlem sayısının belirlenmesi.

İhtiyaç duyulan gözlem sayısını hesaplamak için istatistiksel yöntem kullanılmaktadır. İstatistiksel yöntemde, önce birkaç ön gözlem (n') yapılmalıdır. Daha sonra %95 güven aralığı ve ± %5 hata payı için Formül (1) çözümlenmelidir (Kurt ve Dağdeviren, 2003);

$$n = \left[ \frac{40 \sqrt{(n' * \sum x^2 - (\sum x)^2)}}{\sum x} \right]^2 \quad (1)$$





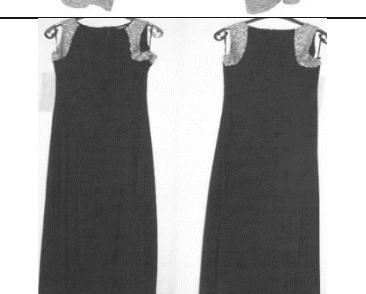
n = Saptanmak istenen örnek büyüklüğü

n' = Ön etütle alınan gözlem (okuma) sayısı

$\sum$  = Değerlerin toplamı

x = Okumaların değeri

**Tablo 1.** Seçilen ürünlerin kumaş ve model özellikleri

Model No	Kumaş Özellikleri	Model Özellikleri	Model Resmi
A	% 100 Polyester Dokuma kumaş	Uzun kollu, arka beden pileli gömlek	
B	% 100 Polyester Dokuma kumaş	Uzun kollu, ön yaka ve ön beden pervazlı bluz	
C	Dış beden %100 polyester, iç beden %95 Viskon %5 Elastan Dokuma kumaş	Uzun kollu, ön sağ ve sol patları taşlı gömlek	
D	%50 Polyester, %45 Viskon,%5 Elastan Örne kumaş	Uzun kollu diz altı elbise	
E	%95 Polyester %5 Elastan ve payet tül %100 Polyester Örne kumaş	Kolsuz, kol payetli ön bedende yırtmaçlı uzun elbise	

Bir kronometre ile operasyonun her bir elementinin süresini kaydetmek.

Aynı zamanda, standart randımına karşılık gelen oranda, çalışmanın etkin hızını değerlendirmek.

Temel zamanları hesaplamak

Temel zaman = Gözlemlenen zaman \* randıman derecesi

(2)

Operasyon için temel zamanın üzerine eklenecek toleransları belirlenmek

Operasyon için ‘standart zaman’ı belirlenmek (Kanawaty, 1992).

$$\text{Standart Zaman} = \text{Temel zaman} + \text{Toleranslar} \quad (3)$$

Çalışmada, seçilen modellerin banda verildiği andan ütü paket departmanına girene kadar ki süreçte proses sırası oluşturulmuş ve proses süreleri tespit edilmiştir. Proses sürelerinin belirlenmesinde zaman etüdü sürekli ölçme tekniğine göre yapılmıştır. Sürekli ölçme tekniğinde işlemin başında kronometre çalıştırılır. Bir sonraki çalışma unsuruna gelince kronometredeki rakam kaydedilir fakat kronometre durdurulmaz. Gözlem bittikten sonra kaydedilen her değer kendinden bir önceki değerden çıkartılarak o işlemin süresi bulunur. Bu çalışmada her bir proses için ayrı ayrı 15'er ölçüm yapılarak ortalama alınmıştır. Ardından ortalama değerlere tolerans payı eklenerek her işleme ait standart zamanlar belirlenmiştir. Tolerans payı işçilerin becerisine, model tipine, çalışma detaylarına bağlı olarak değişmektedir. Tolerans payları dinlenme payları, beklenmeyen paylar, politika payları ve özel paylar olmak üzere farklı sınıflandırmalara sahiptir. Söz konusu çalışmada dinlenme paylarının hesaplanmasından Tablo 2 kullanılmıştır (Freivalds, 2009). Tüm standart zaman değerleri toplanarak incelenen modellerin dikimden itibaren üretim süreleri hesaplanmıştır.

**Tablo 2.** Dinlenme Payları (Temel Zamanın Yüzdesi)

**A. SABİT PAYLAR**

1. Kişisel ihtiyaç payı	5	7. Havalandırma şartları	
2. Temel yorgunluk payı	4	Açık hava	0
<b>B. DEĞİŞKEN PAYLAR</b>		Kötü havalandırılmış	5
3. Ayakta durma	2	Fırın vb. yakın iş	5
4. Anormal pozisyon		8. Gürültü	
Zora yakın	0	Sürekli	0
Eğilmiş	2	Ani ve yüksek	2
Yere yatmış	7	Ani ve çok yüksek	5
5. Ağırlık kaldırma (kg)		Tiz ve yüksek	5
2,5	0	9. Görsel zorlanma	
5	1	Dikkat gerektiren iş	0
7,5	2	İnce iş	2
10	3	Çok ince iş	5
12,5	4	10. Zihinsel zorlanma	
15	6	Oldukça karmaşık	1
17,5	8	Uzun süre dikkat ger. İş	4
20	10	Çok karmaşık	8
22,5	12	11. Zihinsel monotonluk	
25	14	Düşük	0
30	19	Orta	1
40	33	Yüksek	4
50	58	12. Fiziksel monotonluk	
6. Aydınlatma şartları		Az yorucu	0
(Öngörülen değer)			
Az altında	0	Yorucu	2
Çok altında	2	Çok yorucu	5
Tamamen yetersiz	5		

Çalışmanın devamında elde edilen operasyonlar için elde edilen standart süreler dikkate alınarak basit bir hat dengeleme uygulaması gerçekleştirilmiştir. Hat dengeleme için sektör tarafından sıklıkla kullanılan yöntem şu şekildedir.

Hedeflenen üretim adedi ve çalışma süresi göz önüne alınarak çevrim süresi hesaplanır;

$$\text{Çevrim Süresi} = \frac{\text{Günlük Çalışma Süresi}}{\text{Üretim adedi}} \quad (4)$$

Her operasyon için gerekli kişi adedi hesaplanır;

$$\text{Gerekli Kişi Sayısı} = \frac{\text{Operasyonun standart zamanı}}{\text{Çevrim Süresi}} \quad (5)$$

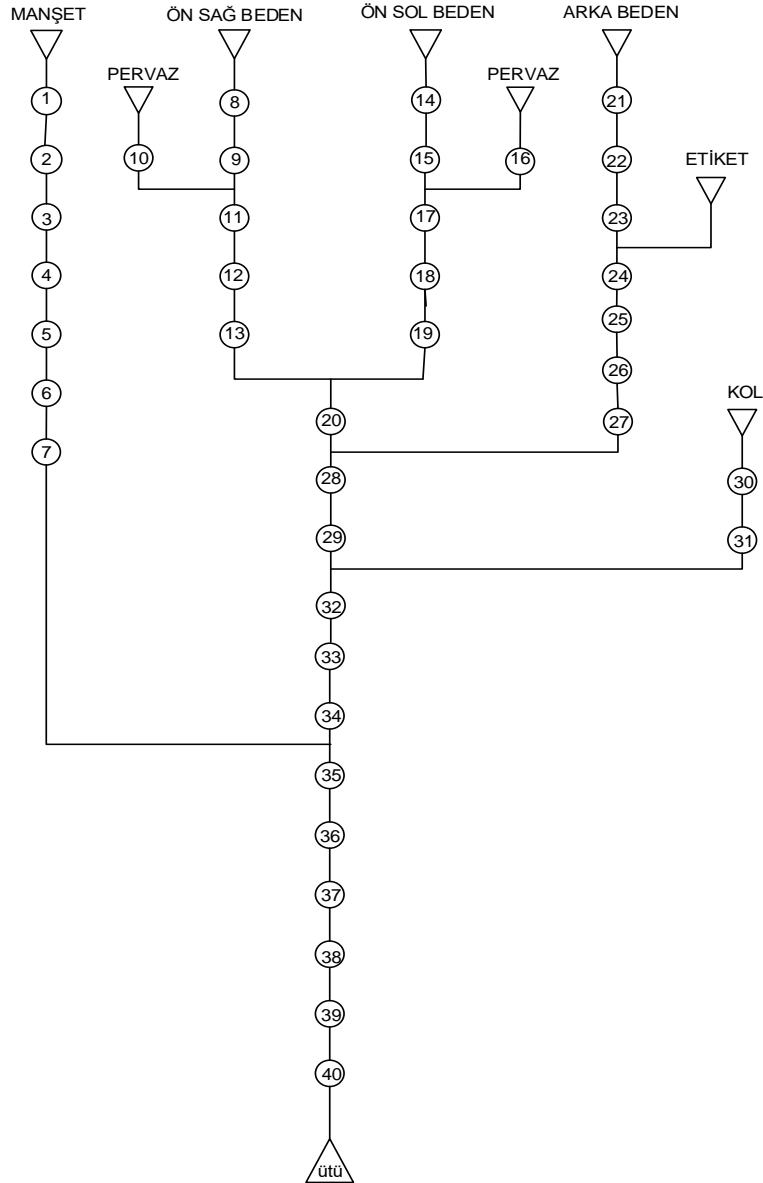
Gerekli işçi sayısı toplamı ‘1’ değerine yakın olacak şekilde operasyonlar birleştirilir. Birleştirme sırasında akışa uygun olacak şekilde, öncel operasyonlara ve kullanılan makinalara dikkat edilerek hareket edilir.

Aşağıdaki formül yardımıyla bant verimliliği hesaplanır;

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Üretim adedi} * \text{Standart sürelerin toplamı}}{\text{Operatör sayısı} * \text{Çalışma süresi}} \quad (6)$$

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Gerçekleştirilen çalışmada beş farklı model incelenmiş olmasına rağmen, bu bölümde yer kısıtı nedeniyle sadece B modeline ait bulgular sunulmuştur. “B” modeli çok parçadan oluşan uzun kollu ön yakası ve ön bedeni pervazlı dokuma bir bluzdur. Öncelikle model ait iş akışı çıkarılmıştır (Şekil 1). Bu gömleğin tüm parçalarının hazırlanma ve montaj işlemleri tek tek kontrol edilip her bir operasyon için 15 adet gözlem yapılmış ve zamanları kaydedilmiştir. Ortalama zaman olarak kaydedilen verilere tolerans payları eklenerek, modelin toplam standart süresi hesaplanmıştır (Tablo 3). Tabloda yer alan kısaltmaların açıklaması şu şekildedir; KİP: Kişisel İhtiyaç Payı, TYP: Temel Yorgunluk Payı, DP: Dinlenme Payı.



Şekil 1. “B” Modeline ait iş akışı



**Tablo 3.** “B” modeline ait zaman sonuçları

NUMARA	ÖNCEL OPERASYON	OPERASYONLAR	ORTALAMA	K.İ.P	T.Y.P	D.P	% lik pay	std. Süre
1	34	MANŞET TELA	8,00	5	4	6	15	9,20
2	1	MANŞET KIRIM	6,20	5	4	6	15	7,13
3	2	MANŞET ÇİZİM	18,93	5	4	6	15	21,77
4	3	MANŞET YAN ÇATIM	14,00	5	4	4	13	15,82
5	4	MANŞET ÇEVİRME	14,53	5	4	4	13	16,42
6	5	MANŞET ÜTÜ	13,40	5	4	6	15	15,41
7	6	MANŞET REGOLA	5,20	5	4	4	13	5,88
8	0	ÖN SAĞ BEDEN PENS İŞARETİ	14,40	5	4	4	13	16,27
9	8	ÖN SAĞ BEDEN PENS	23,27	5	4	4	13	26,29
10	9	ÖN SAĞ BEDEN PERVAZ BİBLA	21,20	5	4	4	13	23,96
11	10	ÖN SAĞ BEDEN YAKA PERVAZ TAKIM	25,87	5	4	4	13	29,23
12	11	ÖN SAĞ BEDEN YAKA BİYE	7,53	5	4	4	13	8,51
13	12	ÖN SAĞ BEDEN PERVAZ TAKIM	34,20	5	4	4	13	38,65
14	13	ÖN SOL BEDEN PENS İŞARETİ	14,40	5	4	6	15	16,56
15	14	ÖN SOL BEDEN PENS	23,33	5	4	4	13	26,37
16	15	ÖN SOL BEDEN PERVAZ BİBLA	21,20	5	4	4	13	23,96
17	16	ÖN SOL BEDEN YAKA PERVAZ TAKIM	25,87	5	4	4	13	29,23
18	17	ÖN SOL BEDEN YAKA BİYE	7,53	5	4	4	13	8,51
19	18	ÖN SOL BEDEN PERVAZ TAKIM	34,20	5	4	4	13	38,65
20	13_19	ÖN BEDEN ÇATIM	35,93	5	4	4	13	40,60
21	20	ARKA BEDEN DIŞ ROBA TAKIMI	27,00	5	4	4	13	30,51
22	21	ARKA BEDEN PİLE	12,20	5	4	4	13	13,79
23	22	ARKA BEDEN İÇ ROBA TAKIMI	18,87	5	4	4	13	21,32
24	23	ETİKET TAKMA	17,80	5	4	4	13	20,11
25	24	YAKA TULUM	16,53	5	4	4	13	18,68
26	25	İP TELA	26,60	5	4	6	15	30,59
27	26	GİZLİ ÇİMA	51,87	5	4	4	13	58,61
28	20_27	OMUZ ALMA	37,33	5	4	4	13	42,19
29	28	OMUZ TULUM	57,07	5	4	4	13	64,49
30	29	KOL DAMLA BİYE	3,67	5	4	4	13	4,14
31	30	KOL DAMLA BİYE ZİKZAĞI	9,60	5	4	4	13	10,85
32	29_31	KOL TAKMA	20,93	5	4	4	13	23,65
33	32	YAN ÇATMA+YIKAMA TALIMATI	43,20	5	4	4	13	48,82
34	33	PERVAZ ETEĞİNİ TUTTURMA	24,07	5	4	4	13	27,20
35	7_34	MANŞET TAKMA	31,67	5	4	4	13	35,78
36	35	MANŞET KAPAMA*2	22,80	5	4	4	13	25,76
37	36	ASKILIK TAKMA	21,13	5	4	4	13	23,88
38	37	PERVAZ ÖN ÇATIM OVERLOĞU	11,47	5	4	4	13	12,96
39	38	ETEK EL REGOLA	31,67	5	4	6	15	36,42
40	39	ETEK KIVIRMA (BİBLA)	56,20	5	4	4	13	63,51
<b>TOPLAM SANİYE</b>			<b>910,87</b>					<b>1031,66</b>
<b>TOPLAM DAKİKA</b>			<b>15,18</b>					<b>17,19</b>

Tablo 4’de görüldüğü üzere tüm modellere ait standart süreler birbirinden farklılık göstermektedir. Standart süreler birbiriyle aynı olsa bile gelen sipariş adedine ve buna bağlı olarak çevrim süresine göre her model için ayrı bir hat dengelemesine ihtiyaç vardır. Bu nedenle tüm modeller için ayrı hat dengeleme hesapları gerçekleştirilmiştir. “B” Modeli için gerçekleştirilen hat dengeleme örneği Tablo 5’de gösterilmektedir.

**Tablo 4.** Tüm modellerin standart süreleri

Modeller	Standart Süre (dakika)	Dengeleme Verimliliği (%)
A	32,13	83,78
B	17,19	88,00
C	21,81	75,63
D	3,69	76,74
E	35,23	85,99

**Tablo 5. “B” modeline ait hat dengeleme**

No	Öncel Operasyon	Std. Süre	Gerekli kişi	İşçi No
1		9,20	0,09	1
2	1	7,13	0,07	
3	2	21,77	0,20	
4	3	15,82	0,15	
5	4	16,42	0,15	
6	5	15,41	0,14	
7	6	5,88	0,06	
8	0	16,27	0,15	2
9	8	26,29	0,25	
10	9	23,96	0,22	
11	10	29,23	0,27	
12	11	8,51	0,08	4
13	12	38,65	0,36	
14	13	16,56	0,16	3
15	14	26,37	0,25	
16	15	23,96	0,22	
17	16	29,23	0,27	
18	17	8,51	0,08	4
19	18	38,65	0,36	
20	13_19	40,60	0,38	5
21	20	30,51	0,29	
22	21	13,79	0,13	
23	22	21,32	0,20	
24	23	20,11	0,19	6
25	24	18,68	0,18	
26	25	30,59	0,29	7
27	26	58,61	0,55	
28	20_27	42,19	0,40	8
29	28	64,49	0,61	
30	29	4,14	0,04	9
31	30	10,85	0,10	
32	29_31	23,65	0,22	
33	32	48,82	0,46	
34	33	27,20	0,26	10
35	7_34	35,78	0,34	
36	35	25,76	0,24	11
37	36	23,88	0,22	
38	37	12,96	0,12	
39	38	36,42	0,34	
40	39	63,51	0,60	
<b>Günlük çalışma</b>	540	32400		
<b>Adet</b>	304			
<b>Çevrim süresi</b>	1,78			
<b>Verimlilik</b>	88,00%			

## SONUÇ

Bu çalışmada da bayan dış giyim üretimi yapılan bir tekstil firmasında zaman etüdü çalışmaları yapılarak, beş farklı model için standart zamanlar belirlenmiştir ve ilgili zamanlara bağlı olarak hat dengelemeleri gerçekleştirilmiştir. Her ne kadar bu çalışma 3 aylık bir sürede gerçekleşmiş olsa da gerçekçi verilerin elde edilmesi için sürekli gözlem yapılmasında fayda vardır.

Her modelin kendine has zorlukları olduğu unutulmamalıdır. Farklı modellerin sürelerinin belirlenmesi işletmenin ne kadar sipariş alabileceğini önceden tahmin edilmesini sağlar ve böylelikle müşteri siparişlerinin ne kadar sürede teslim edileceği belirlenir. Böylelikle işletmenin kapasitesinin boşa kalması engellenir aynı zamanda işletmenin itibarı açısından da önemlidir.

Çalışma sırasında işletmenin dikimhanesinde göze çarpan şu sorunlar tespit edilmiş, gerekli önlemlerin alınması için uyarılarda bulunulmuştur;

Üretim hattı, her operatörün eline verilen işi yapmasıyla oluşmaktadır. Kısacası, her sipariş için önceden belirlenmiş bir üretim akışı söz konusu değildir.

Günlük üretim adedinin herhangi bir sipariş için ne kadar olduğu belirli değildir.

Çalışanlar sıklıkla üretim alanlarını terk etmekte, kendi iradeleri doğrultusunda bölücü zamanlar oluşturmaktadırlar.

Çalışanların dikkatleri sıklıkla dağılmaktadır. Tam konsantrasyonlu bir çalışma söz konusu değildir.

Operasyonlar arasında herhangi bir dengeleme çalışması yapılmadığından düzensiz darboğazlar oluşmaktadır.

İş akışı hatalıdır: çapraz ve ters yönde akışlar vardır.

Üretim planlaması ve kişilerin görev tanımları ustabaşı tarafından belirlenmektedir. Bu konuda bilimsel bir uygulama mevcut değildir.

Aynı operasyonlar yapan çalışanların, operasyonları yapma şekilleri birbirlerinden farklıdır. Bu nedenle standart süreler varyasyonlu olmaktadır. Hat dengeleme güçleşmektedir.

Aynı üretim bandına rastsal bir şekilde ani siparişler işleme alındığı için, makinelerin hazırlık sürelerinden dolayı kayıp zamanlar yaşanmaktadır. Ayrıca bu nedenle günlük üretim adedi hesaplanamamaktadır.

Söz konusu çalışma ile işletmenin daha verimli çalışması için bir başlangıç yapılmıştır. Gelecek aylarda önerilen uygulamaların hayata geçirilmesi temenni edilmektedir.

## **TEŞEKKÜR**

Çalışmanın uygulanması sırasında, veri toplama aşamasında sağladığı destek için Gizem TARĞAY'a teşekkürü bir borç bilirim.

## **KAYNAKLAR**

- Demirbaş ZA 2010. Verimlilik Arttırma Tekniği Olarak Metot Etüdünün Bir Hazır Giyim İşletmesinde Uygulanmasının İşletme Performansına Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- Freivalds A 2009. Niebel's Methods, Standards, & Work Design. 12th Edition, McGraw-Hill Science, International Edition.
- Kanawaty G 1992. Introduction to Work Study. 4th ed. International Labour Office, Geneva.
- Kurt M, Dağdeviren M 2003. İş Etüdü, Gazi Kitapevi, Ankara.
- Oğuz F 2007. İşletmelerde Verimlilik Artırımında İş Ölçümü Tekniği ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Temiroğlu A 2007. Hazır Giyim ve Konfeksiyon Sektörünün Gelişiminin İzlenmesi ve Yönlendirilmesi. Doktora Tezi. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.
- Yıldız T 2006. Pantolon Üretiminde Modern Teknolojiler ve Üretim teknikleri, Yüksek Lisans Tezi. Marmara Üniversitesi, Fen bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

## Spor giyim üretiminde üretim zamanlarının ve iş akışlarının belirlenmesi

Can Ünal (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7885-7720>)

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: [cunal@nku.edu.tr](mailto:cunal@nku.edu.tr)

### Özet

Konfeksiyon sektöründe işlemlerin karışıklığı, çalışan sayısının fazlalığı ve değişkenliği nedeniyle üretim birimlerinin belirli bir zamandaki verimliliğini belirlemek oldukça güçtür. Bu yüzden verimliliği ölçen belli teknikler geliştirilmiştir. Zaman etüdü performans standartlarının saptanmasında en sık kullanılan yöntemlerden biridir. Bu çalışmada spor giyim üretimi yapan bir firmada üç farklı modelin üretimi için üretim akışı oluşturulmuş, daha sonra bu bantta zaman etüdü uygulaması yapılmış ve bu uygulama ile standart süreler belirlenmiştir. Ayrıca söz konusu üretim hattında sadece bir ürünün ne kadar zamanda üretildiğini belirlemek için iş akım şeması uygulaması yapılmıştır. İş akım şemasında her süreç alt faaliyetlere (İşlem, Taşıma, Kontrol, Gecikme, Depolama) ayrılmıştır. Şema oluşturulurken, tek bir parçanın geçtiği aşamalar, üretim bandına girdikten sonra sırasıyla takip edilmiştir. Sweatshirt modelinin üretim sürecinde aktivite zamanlarını belirlemek için bütün alt faaliyetlerin süreleri hesaplanmıştır. Üretim içinde en çok gözlemlenen faaliyetin bekleme olduğu tespit edilmiş, çalışma süresince işletmede gözlemlenen çeşitli sorunlara değinilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konfeksiyon, zaman etüdü, üretim akışı, iş akım şeması, verimlilik

### Determination of Production Times and Workflows in Sportswear Production

#### Abstract

It is very difficult to determine the efficiency of production units at a certain time due to the complexity of the operations, the large number and the variability of employees in the apparel industry. Therefore, certain techniques have been developed to measure productivity. Time study is one of the most frequently used methods in determining performance standards. In this study, a production flow was created for the production of three different models in a company that produces sportswear, then a time study was applied on this line and standard unit times were determined with this implementation. Thanks to the determined standard times, it has been possible to predict the completion time of orders from the same model and the production efficiency that varies depending on the employee. In addition, flow process chart was applied to determine how long only one product was produced in this production line. In the flow process chart, each process was divided into sub-activities (Operation, Transport, Inspection, Delay, Storage). While creating the chart, the stages in which a single piece passes were followed sequentially after entering the production line. In order to determine the activity times in the production process of the sweatshirt model, the durations of all sub-activities were calculated. It was determined that the most observed activity in production was delay, and various problems observed in the company during the working period were mentioned.

**Keywords:** Apparel industry, time study, production flow, flow process chart, productivity

### GİRİŞ

Hazır giyim sanayi, Türkiye'nin kalkınmasında önemli bir yeri olan ve sektörler arasında ihracatı ile ülkeye kazandırdığı net döviz girdisiyle, istihdam oranıyla ilk sıralarda yer almaktadır. Ocak- Ağustos 2020 döneminde Türkiye'nin hazır giyim ve konfeksiyon ihracatı 2019 yılının aynı dönemine göre %12,3 oranında düşüş ile 10,3 milyar dolar olmuştur. 2020 Ağustos ayında 1,5 milyar dolarlık hazır giyim ve konfeksiyon ihracatı gerçekleştirilmiş olup, bu değer 2020 yılı ilk sekiz ayı için hesaplanan 1,3 milyar dolarlık aylık ortalama ihracat değerinin üzerinde bir değer olarak kayıtlara geçmiştir. Ağustos ayındaki ihracat rakamı ile hazır giyim ve konfeksiyon sektörü, beş yıl aradan sonra Türkiye ihracatında birinci sektör konumunda olmuştur. En fazla ihraç edilen ürün grubu olan örme giyim eşyalarının ihracatı 2020 yılı Ocak-Ağustos döneminde 2019 yılının aynı dönemine göre %19,3 oranında azalarak 4,8 milyar dolar olmuştur (İTKİP, 2020).

Tüm dünyada yaşanan ekonomik krizinden ülkemizde konfeksiyon sektörü de doğal etkilenmiştir. Ancak buna rağmen konfeksiyon sektörü ülkemiz ihracatında birinci sektör konumundadır. Sektörün verimli bir şekilde

üretim devam etmesi ülkenin rekabet gücünün ileri taşınması açısından önemlidir. Verimlilik miktarının artırılması veya kullanılan üretim faktörlerinin azaltılması ile yükseltilebilmektedir. Verimlilik artışı ile işletmeler maliyetlerinin düşmesini ve işletme kârlılığının artmasını sağlamaktadır. İşletmeler bu amaçla verimliliği arttırmak üzere çeşitli yaklaşımlar ve teknikler kullanmaktadırlar (Demirbaş, 2010).

İş etüdü tekniği verimliliği artırma tekniklerinden biridir. İş etüdü, üretim faktörlerinin kullanım etkinliğini yükseltmekte ve özellikle iş gücü verimliliğini arttırmada yaygın şekilde kullanılmaktadır. İş etüdünü oluşturan iki önemli teknik; metot etüdü ve iş ölçümüdür (Kurt, 2003). İş ölçümü yöntemlerinden biri olan zaman etüdü tekniğinin maliyetinin oldukça düşük olmasına karşın ciddi verimlilik artışları sağlayabiliyor olması, bu tekniği özellikle küçük boyutlu işletmeler için gerekli ve faydalı kılmaktadır (Temiroğlu, 2007). Zaman etüdü çalışması 1880 yılında geliştirilmiştir. Frederick Taylor, bir işi ölçmek için kronometreyi ilk kullanan kişidir (Meyers & Stewart, 2002). O zamandan beri pek çok araştırmacı, farklı sektörlerde farklı amaçlar için zaman etüdü tekniklerini kullanmıştır.

Akal ve ark. (1985), inşaat sektöründe malzeme taşıma ve yükleme işlemlerinin süreleri, iş akışı gereği etken olmayan akışların elimine edilmesi ve bu tür iş kapsamına giren akışların düzenlenmesi için bir çalışma yapmışlardır. Araştırma ile taşıma ve yükleme işlemlerine ilişkin akışlar iş etüdü ile incelenmiş ve yeniden iş akışları düzenlenmiştir. Eştaş (1986), tarafından yapılan araştırmada iş etüdü yöntemi ile pantolon akış bütünü içerisinde yer alan tüm operasyonlara ilişkin standart zamanlar bulunarak bu standart zamanlar temelinde üretim miktarları için gereken işçi ve makina sayıları saptanmıştır. Akış bütünü yeniden düzenlenmiş, bekleme zamanları yok edilmiş, pantolon üretiminde zaman bakımından yeterli verimliliğe ulaşılmıştır. Başarer (1989) tarafından yapılan araştırmada; hazır giyim işletmesindeki etek dikiminin temel süreç şeması, iş akım şeması, uygulaması ve iş etüdü ile etek dikimi standart zamanı elde edilmiştir. Mevcut durumun saptanarak ölçümler sonucunda olması gereken akış bütünü, iş akışı ve üretim hattı ile ilgili öneriler geliştirilmiştir. Aktaş (1990) tarafından araştırmada, hazır giyim sektöründe teknoloji, malzeme, emek ve ürünün verimlilik üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Üretim sistemleri ve verimlilik artırma ve değerlendirme yöntemleri açıklanmış, işletme ve ulusal ekonomi açısından verimliliğin önemi vurgulanmıştır. Özgül (1995) tarafından yapılan araştırmada erkek gömleği apartura takma işleminde işçilerin işi gerçekleştirme süreleri, iş akışları incelenmiş, dağılım zaman payları ve standart zaman bulunmuştur. Elde edilen değerlerle işçilerin verimlilik oranları hesaplanmış, işgücü verimliliğine ilişkin öneriler geliştirilmiştir. Gencer (2006) tarafından yapılan araştırmada, bir işletmenin mevcut iş durumu için ve önerilen iş durumları için ayrı ayrı zaman etüdüne tabi tutulmuş ve sonuçları doğrultusunda işletmeye öneriler sunulmuştur. Yapılan değerlendirmeler sonucunda, işletmede önerilen duruma göre %26,22 üretim artışı, %27,78 standart zaman kazancı, %8,33 personel kazancı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ilk olarak zaman etüdü tekniği ayrıntılı bir şekilde açıklanmıştır. Daha sonra bir konfeksiyon işletmesinde 3 farklı spor giyim model için üretim akışı gösterilmiştir. Son olarak bu bantta uygulanan zaman etüdü verilerine yer verilmiştir. Ayrıca bu bantta sadece bir ürünün ne kadar zamanda üretildiğini belirlemek için iş akım şeması yapılmıştır.

## **MATERYAL VE METOD**

Uygulama yapılan firma 1985'te kurulmuş 1992 senesine kadar örme ve dokuma spor giyim üretmiştir. 1992'den sonra sadece örme spor giyime yönelik firma spor örme giyiminin en zor alanlarından biri olan yıkanmış bitmiş mamul üretmektedir. Yıllık yaklaşık 50-60 bin adet sweatshirt üretmektedir.

Zaman etüdü uygulamasında, temel olarak bir dijital kronometre, etüt altlığı ve (REFA - Devlet İş Zamanları Belirleme Komisyonu) zaman ölçüm formu kullanılmıştır. Etütte kullanılan ölçüm formu iki yüzlüdür. Formun ön yüzünde etüde başlama ve bitiş saati, çalışma tekniği ve yöntemi, çizim bölümü, temel zaman ve paylar, gözlemlenen kişilere ait temel bilgiler gibi bilgiler yer almaktadır. Formun arka yüzünde ise işlem kademeleri ve ölçüm noktaları, ilgili miktar, ölçülen zamanlar, tek zamanların ortalaması gibi bilgiler yer almaktadır (Kurt, 2013).

Ölçüme başlamadan önce iş görenlere konuyla ilgili bilgi verilmiş, bölümün yetkilisi zaman etüdünün amaçları ve önemi konusunda bilgilendirilmiş, zaman etüdünün yapılacağı gün ve zamanlar yetkilinin onayı ile saptanmıştır. Zaman etüdünün tamamlanması 10 temel aşamada gerçekleştirilmiştir (Kumar, 2008);

1-Etüt edilecek işin seçimi,

2-İş, çalışan ve çalışma koşulları hakkında, zaman etüdünü etkileyecek tüm bilgilerin toplanması ve kaydedilmesi,

- 3-İşin öğelerine ayrılması,
- 4-İş akış sıralarının belirlenmesi,
- 5-Sürekli veya tek zaman kullanarak her öğenin zamanının ölçülmesi,
- 6-Gerekli gözlem sayısının hesaplanması;

Yapılan gözlemler doğrultusunda %95 güven aralığı için Formül 1 kullanarak gerekli gözlem sayısı hesaplanır. Çalışmada tüm iş öğelerinden REFA'nın zaman etüt formu kullanılarak 15 adet gözlem yapılmıştır. Hesaplanan gerekli gözlem sayısı daha büyük çıktığında, yeniden gözlem yapılarak eksikler tamamlanmıştır (N=gerekli gözlem sayısı, n=yapılan gözlem sayısı, x=gözlem değeri).

$$N = \left[ \frac{40 \sqrt{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2 \quad (1)$$

7- Gözlemcinin "normal çalışma hızı" algısına bağlı olarak çalışanın performans derecesinin değerlendirilmesi,

8- Formül 2 yardımıyla temel zamanın hesaplanması (Freivalds, 2009);

$$\text{Temel Zaman} = (\text{Gözlenen zaman} * \text{Performans Derecesi}) / 100 \quad (2)$$

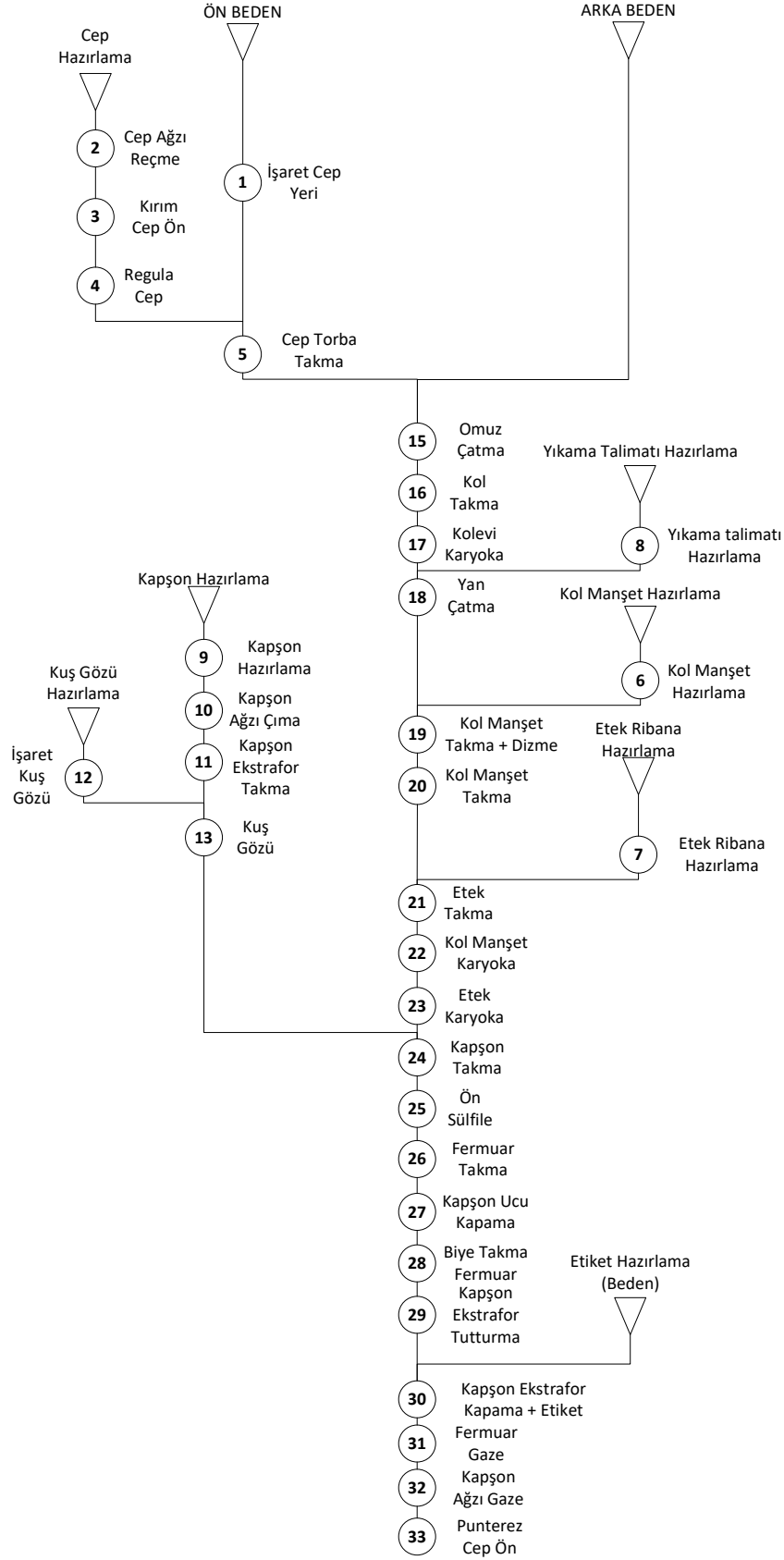
9- Toleransların belirlenmesi; Öncelikle yapılan işin ne tür payları içerdiğinin bilinmesi gerekmektedir (Kanawaty, 1992). Toleransı oluşturan bu paylardan kişisel ihtiyaç payı için standart kabul edilen yüzdeler; erkekler için temel zamanın %5'i, kadınlar için %7'si alınmıştır. Temel yorgunluk payı için standart kabul edilen yüzdelik değer hem erkek hem kadında aynı olup %4 olarak alınmıştır. Sabit ve değişken payların hesaplanmasında ise literatürde yer alan çeşitli tablolar kullanılmıştır (Pamir, 1984).

10- Standart Zamanın Hesaplanması; Dinlenme payları, beklenmeyen paylar, politika payları ve özel payların temel zamana eklenmesi ile standart birim süre hesaplanmıştır.

## **BULGULAR ve TARTIŞMA**

Üretimin her bir bölümünde akış sırası dikkate alınarak iş öğelerinin süreleri dijital kronometre ile ölçülmüştür. İşletmede daha önce bu konuda detaylı bir çalışma yapılmadığı için, ölçüm öncesi tüm çalışanlara konu hakkında gerekli açıklamalar yapılmıştır. Her bir operasyon için %95 güven aralıklarına uyacak miktarlarda gözlem yapılmıştır. Üretilen her model için MS Visio programıyla üretim akış şemaları oluşturulmuştur. Çalışmadan incelenen spor giysilerden Model 1 üst eşofman, Model 2 ve Model 3 sweatshirt'ten oluşmaktadır. Yer kısıtı nedeniyle sadece Model 1'e ait üretim akış şeması Şekil 1'de, elde edilen zaman sonuçları ise Tablo 1'de verilmektedir.

Şekil 1'de tüm operasyonlar, üretilecek olan parçanın işletme için işlem gördüğü adımlara göre numaralandırılarak sıralanmıştır. Ters üçgen sembolü parça girişini, daireler ise operasyonları sembolize etmektedir. Görüldüğü üzere bazı operasyonların gerçekleşebilmesi için, çeşitli tipteki öncel operasyonların tamamlanmış olması gerekmektedir. Giysi üretimindeki bu dikiş işlemlerinin sırasının siparişi veren müşterinin gönderdiği ve almayı kabul ettiği numuneye göre belirlenmektedir. Tablo 1'de ise Şekil 1'de belirtilen operasyonlar için kronometre ile gerçekleşen ölçüm sonuçları ve bu sonuçlara eklenen paylara bağlı olarak hesaplanan standart süreler yer almaktadır. Tablo 1'de bulunan kısaltmaların açıklaması şu şekildedir; KİP: Kişisel İhtiyaç Payı, TYP: Temel Yorgunluk Payı, DP: Değişken Paylar.



Şekil 1. Model 1'e ait akış şeması

**Tablo 1.** Model 1'e ait zaman sonuçları

No	Operasyon Adı	Temel Süre (sn)	K.İ.P.	T.Y.P.	D.P.	%'lik Pay	Std. Süre (sn)
1	İşaret Cep Yeri	17,75	5	4	6	15	20,41
2	Cep Ağı Reçme	8,42	5	4	4	13	9,51
3	Kırım Cep (Ön)	16,50	5	4	6	19	19,63
4	Regula Cep	4,40	5	4	4	13	4,99
5	Cep Takma	38,74	5	4	4	13	43,77
6	Kol Manşet Hazırlama	24,53	5	4	4	13	27,94
7	Etek Ribana Hazırlama	64,62	5	4	4	13	71,76
8	Yıkama Tal. Hazırlama	8,51	5	4	4	13	91,63
9	Kapşon Hazırlama	70,05	5	4	4	13	78,45
10	Kapşon Ağı Çıma	19,90	5	4	4	13	21,82
11	Kapşon Ekstrafor Takma	10,09	5	4	4	13	11,32
12	İşaret Kuş Gözü	17,62	5	4	4	13	19,4
13	Kuş Gözü	26,64	5	4	4	13	30,23
14	Omuz Çatma	38,25	5	4	4	13	42,51
15	Kol Takma	38,81	5	4	4	13	43,41
16	Kol evi Karyoka	21,47	5	4	4	13	120,83
17	Yan Çatma + Yık.Tal.	32,00	5	4	4	13	35,62
18	Kol Manşet Takma + Dizme	8,57	5	4	4	13	9,68
19	Kol Manşet Takma	24,14	5	4	4	13	27,27
20	Etek Ribana Takma	32,91	5	4	4	13	37,15
21	Kol Manşet Karyoka	29,79	5	4	4	13	33,66
22	Etek Karyoka	16,13	5	4	4	13	19,02
23	Kapşon Takma	30,81	5	4	4	13	35,07
24	Ön Sülfile	21,62	5	4	4	13	24,47
25	Fermuar Takma	63,05	5	4	4	13	71,13
26	Kapşon Ucu Kapama	26,54	5	4	4	13	29,99
27	Fermuar Biye Takma	17,43	5	4	4	13	19,59
28	Kapşon Ekstrafor Tuturma	31,52	5	4	4	13	36,14
29	Etiket Hazırlama (Beden)	9,66	5	4	4	13	10,85
30	Kapşon Ekstrafor Kapama + Etiket	50,08	5	4	4	13	56,83
31	Fermuar Gaze	54,84	5	4	4	13	61,96
32	Kapşon Ağı Gaze	47,45	5	4	4	13	53,61
33	Punterez Cep (Ön)	16,98	5	4	6	15	19,65

Tüm modellere ait standart zaman değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. Görüldüğü üzere, her modelin kendine has bir standart süresi mevcuttur. Bunun nedeni her modelin kendine özgü operasyonlarının olmasıdır. Tek bir operasyonun değişmesi bile tüm modelin üretiminde darboğaz noktalarının değişmesine sebep olacaktır. Bu nedenle her model kendine özgü bir hat dengelemesine ihtiyaç göstermektedir.

**Tablo 2.** Tüm modellerin standart süreleri

Modeller	Standart Süreler (sn)
Model 1	903,94
Model 2	620,1
Model 3	1268,73

Ayrıca çalışma kapsamında, iş akım şeması çalışması için Model 2 incelenmiştir. Model 2'nin iş akımı oluşturulurken, tek bir parçanın geçtiği aşamalar, üretim bandına girdikten sonra sırasıyla takip edilmiştir. Sweatshirt modelinin oluşum sürecinde bir ürünün ne kadar zamanda üretildiğini belirlemek için bütün operasyonların, operasyon, transport, gecikme ve kontrol ve depolama süreleri alınmıştır. Elde edilen sonuçlar Şekil 2'de gösterilmektedir.



Süreç Akış Şeması						
Materyalin Yeri	Ürün Adı		Tarih	Analist	Departman	
	Başlangıç noktası					
	Bitiş noktası					
	Semboller		Süre	Mesafe		
	O	Operasyon	16:10,26 sn			
	T	Transport	2 Sn	100,20m		
	D	Geçikme	3:43:19,2 sn			
	K	Kontrol	2,18 sn			
	Depolama					
İşlemler	Adet	Mesafe	Süre			Notlar
Parçaların Çerçevesi	1	3,68m	20sn			
Ağ Parçalarının Arka Baskıya Takılması	1		60,6 sn			
Ömür Çatma için bekleme (geçer)	1		420sn			
Parçaların Ömür Çatma Çerçevesi	1	1,80m	5sn			
Ömür Çatma İşlemi	1		31,33			
Yaka Takma için bekleme	1		1812sn			
Parçaların Yaka Takma Çerçevesi	1	1,10m	10sn			
Yaka Takma İşlemi	1		76,2 sn			
HKY Takma için bekleme	1		3588,6sn			
Parçaların Kıl Kuyucu Çerçevesi	1	3,45m	20sn			
Kıl Takma İşlemi	1		46,63sn			
Kıl için Kuyucu için bekleme	1		613,2sn			
Parçaların Kıl Kuyucu Çerçevesi	1	4,32m	10sn			
Kıl için Kuyucu İşlemi	1		25,33sn			
Yan Çatma için bekleme	1		247,2sn			
Parçaların Yan Çatma Çerçevesi	1	1,60m	10sn			
Yan Çatma İşlemi	1		25,53sn			
Yaka Biye Takma için bekleme	1		960sn			
Parçaların Yaka Biye Takma Çerçevesi	1	4,46m	20sn			
Yaka Biye Takma İşlemi	1		1182 sn			
Yaka Biye için Kuyucu için bekleme	1		324,13			
Parçaların Yaka Biye Kuyucu Çerçevesi	1	4,07m	15sn			
Yaka Biye için Kuyucu İşlemi	1		15,83sn			
Etkel Ribana Takma için bekleme	1		1256,4sn			
Parçaların Etkel Ribana Takma Çerçevesi	1	6,20m	10sn			
Etkel Ribana Takma İşlemi	1		36,63			
Kılmanşet Takma için bekleme	1		4284 sn			

Süreç Akış Şeması						
Materyalin Yeri	Ürün Adı		Tarih	Analist	Departman	
	Başlangıç noktası					
	Bitiş noktası					
	Semboller		Süre	Mesafe		
	O	Operasyon				
	T	Transport				
	D	Geçikme				
	K	Kontrol				
	Depolama					
İşlemler	Adet	Mesafe	Süre			Notlar
Parçaların Kılmanşet Takma Çerçevesi	1	2,80m	10sn			
Kılmanşet Takma İşlemi	1		33,36 sn			
Yaka Kuyucu için bekleme	1		870sn			
Parçaların Yaka Kuyucu Çerçevesi	1	0,80m	5sn			
Yaka Kuyucu İşlemi	1		26,00sn			
Yaka Biye Kuyucu için bekleme	1		2118sn			
Parçaların Yaka Biye Kuyucu Çerçevesi	1	11,80m	25sn			
Yaka Biye Kuyucu İşlemi	1		20,83sn			
Etkel Ribana için bekleme	1		3562 sn			
Parçaların Etkel Ribana Çerçevesi	1	33,97m	55sn			
Etkel Ribana İşlemi	1		35,93 sn			
Kılmanşet Kuyucu için bekleme	1		1200,3sn			
Parçaların Kılmanşet Kuyucu Çerçevesi	1	10m	30sn			
Kılmanşet Takma İşlemi	1		26,40sn			
Kontrol için bekleme	1		2220sn			
Parçaların Kontrol Çerçevesi	1	0,30m	5sn			
Kontrol	1		2,18sn			

Şekil 2. Model 2'ye ait iş akım şeması

## SONUÇ

Üç farklı spor giysi için gerçekleştirilen bu çalışma ile modellere standart süreler tespit edilmiştir. Belirlenen standart süreler sayesinde işletmeye aynı modelden gelen siparişlerin tamamlanma süresini ve çalışana bağlı olarak değişen üretim verimliliğini tahmin etmek mümkün olabilecektir. Ayrıca bu bantta sadece bir ürünün ne kadar zamanda üretildiğini belirlemek için iş akımı uygulaması yapılmıştır. İş akım şemasına ait bulgulardan elde edilen sonuçlar Tablo 3’de verilmektedir.

**Tablo 3.** Model 2’nin iş akım sonuçları

Süreçler	Süreler (sn.)	Süreler (dk.)	Yüzde (%)
Operasyon	1642,8	27,38	4,47
Transport	250	4,17	0,68
Gecikme	34819,2	580,32	94,82
Kontrol	8,18	0,14	0,02
Depolama	0	0	0
Toplam	36720,06	612	100

Tek bir parçanın sweatshirt haline gelinceye kadar toplamda 612 dk boyunca üretim sürecinde kaldığı gözlemlenmiştir. Bu zamanın büyük bir payı (yaklaşık %95’i) gecikme denilen, bekleme sürelerinden oluşmaktadır. Bu durumun temel nedenleri şunlardır;

Gözlemlenen parçanın tesadüfen bu şekilde bir süreç yaşamış olması,  
Demet büyüklüğü nedeniyle parçanın kendinden önceki parçaları beklemesi,  
Parçaların aynı sıra ile işlenmemesi: bazen en öndeki parçanın operatör tarafından en son alınması,  
Bazen tamir için bandın bekletilmesi,  
Operasyonlar arasındaki darboğazlar.  
Yukarıdaki ilk dört maddenin temel nedenleri oluşturduğu düşünülse de işletme içerisinde yapılan gözlemlerde bant dengesizlikleri ve bu nedenle oluşan darboğazlar dikkat çekmektedir. Çalışma süresince işletmede gözlemlenen diğer bazı problemler şu şekildedir;  
Çalışanların bazen iş değiştirme ya da yeni iş alma sırasında ayakta zaman geçirmeleri,  
Bazı durumlarda çalışanların iş yaparken birbirleriyle konuşmaları nedeniyle performanslarında yavaşlama,  
Operasyonların bazen aynı sırada gitmemesi nedeniyle operasyonlar arasındaki transport mesafelerinin fazla olması,  
Operasyonların standart sürelerinin önceden hesaplanmış bir veri tabanından alınmış olması ve buna bağlı olarak sürelerin geçerliliğinden şüphe edilmesi,  
Aynı operasyonları yapan çalışanların, iş yapılarının birbirlerinden farklı olması,  
Farklı iş yapış şekillerinin standart süre ve hat dengeleme hesaplarında varyasyonlara sebep olmasıdır.  
Konu hakkında gelecekte araştırma yapacaklara şunlar tavsiye edilmektedir;  
İş akımı çalışmasının daha çok parça için gerçekleştirilmesi daha doğru sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır.  
Metot etüdü çalışmaları ve el hareketi analizleri ile operasyonların belirlenmiş standartlarda gerçekleştirilmesi sağlanmalıdır.  
Farklı hat dengeleme algoritmaları kullanılarak, en verimli üretim bandı araştırılmalıdır.

## TEŞEKKÜR

Çalışmanın uygulanması sırasında, veri toplama aşamasında sağladığı destek için Sinem ÖĞE’ye teşekkürü bir borç bilirim.

## KAYNAKLAR

- Akal Z, Eke M, Aksoy S 1985. İnşaat Endüstrisinde Verimlilik ve İş Etüdü: Önemi ve Kullanımı, MPM Yayını, Ankara.
- Aktaş E 1990. Bir Konfeksiyon İşletmesinin Verimlilik Açısından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Başarer S 1989. Hazırgiyim Üretiminde İş Etüdü. Yüksek Lisans Tezi. Gazi üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Demirbaş ZA 2010. Verimlilik artırma tekniği olarak metot etüdünün bir hazır giyim işletmesinde uygulanmasının işletme performansına etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.

- Eştaş S 1986. Merinos Yünlü Sanayi Müessesesi Hazır Giyim İşletmesinde İş Etüdü. Sanayide İş Etüdü ve Verimlilik Sempozyumu. Çukurova Üniversitesi. İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi. MPM ve Adana Sanayi Odası.
- Freivalds A 2009. Niebel's Methods, Standards and Work Design. Singapore.
- Gencer A 2006. Verimlilik Analizinde İş Etüdünün Kullanılması ve Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi. Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- İTKİP Hazırgiyim ve Konfeksiyon Ar-Ge Şubesi 2020. Hazırgiyim ve Konfeksiyon Sektörü 2020Ağustos Aylık İhracat Bilgi Notu [Online]. Available at: <https://www.ihkib.org.tr/>.
- Kanawaty G 1992. Productivity Management: A Practical Handbook, International Labour Office, Geneva.
- Kumar SA, Suresh N 2008. Production and Operations Management. New Delhi.
- Kurt M, Dağdeviren M 2003. İş Etüdü, Gazi Kitabevi, Ankara.
- Meyers FR, Stewart JR 2002. Motion and Time Study for Lean Manufacturing, 3rd ed, New Jersey, Pearson Education, Inc.
- Özgül N 1995. Hazırgiyim Sektöründe Nitelikli İşgücünün Verimliliğe Etkisi. Yüksek lisans Tezi. Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Pamir TC 1984. İş etüdü, Segem Yayınları, Ankara.
- Temiroğlu A 2007. Hazır Giyim ve Konfeksiyon Sektörünün Gelişiminin İzlenmesi ve Yönlendirilmesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sakarya.

## UW-OFDM'in Rayleigh ve Rician sönümlenmeli kanallardaki BHO başarımının benzetimi

Mustafa Lafci<sup>1\*</sup>, Kenan Koçkaya<sup>2</sup>, Furkan Arslan<sup>1</sup>, Ömer Adıgüzel<sup>1</sup>, İbrahim Develi<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup>Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Divriği Nuri Demirağ Meslek Yüksekokulu, Sivas, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: msflafci@gmail.com

### Özet

Unique Word-dikgen frekans bölmeli çoğullama (Unique Word-Orthogonal Frequency Division Multiplexing, UW-OFDM) yeni nesil haberleşme sistemleri için Çevrimsel Önek (Cyclix Prefix, CP) OFDM'e alternatif olarak sunulan dalga şekli adaylarından birisidir. UW-OFDM frekans seçici kanallarda CP-OFDM'e göre çok daha düşük bant dışı yayılım (out of band, OOB) ve daha iyi bit hata oranı (BHO) avantajlarına sahiptir. Bu çalışmada, doğrusal en küçük ortalama karesel hata (Linear Minimum Mean Square Error, LMMSE) kanal kestirimi kullanılarak UW-OFDM'in BHO performansı, Rayleigh ve Rician sönümlü kanal modelleri göz önünde bulundurularak BHO eğrileri bilgisayar benzetimleri ile elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** UW-OFDM, CP-OFDM, Rician Kanal, Rayleigh Kanal, LMMSE

### Simulation of the BER performance of UW-OFDM over Rayleigh and Rician fading channels

#### Abstract

Unique Word-Orthogonal Frequency Division Multiplexing (UW-OFDM) is one of the candidate waveforms offered as an alternative to Cyclix Prefix-Orthogonal Frequency Division Multiplexing (CP-OFDM) for new generation communication systems. UW-OFDM has much lower out-of-band (OOB) radiation and better bit error rate (BER) advantages over CP-OFDM in frequency selective channels. In this study, the BER performance of UW-OFDM has been analyzed considering Rayleigh and Rician fading channel models by using linear minimum mean square error (LMMSE) data estimation. BER curves are obtained by computer simulations.

**Keywords:** UW-OFDM, CP-OFDM, Rician Channel, Rayleigh Channel, LMMSE

### GİRİŞ

Bilgiyi kaynaktan hedefe iletmek için, verici ile alıcı arasında bir iletişim kanalı veya bir radyo bağlantısı kullanılır. Bu iletişim kanalı basit bir görüş hattı oluşturabilen kanallar olabilir ya da iletilen sinyalin binalar ve dağlar gibi engeller tarafından ciddi şekilde engellenmesi sonucunda çok yollu sönümlenme oluşturabilen kanallar da olabilir (Jakes, 1974). Kanalın sönümlenme gibi bozucu etkilerini azaltmak için, çoktaşıyıcılı iletişimde art arda iletilen semboller arasına bir koruma aralığı eklenir (Bingham, 1990). Literatürde tartışılan çeşitli koruma aralıkları vardır (Cendrillon ve Moonen, 2001, Nee ve Prasad, 2000, Sinn ve Götze, 2007). Popüler olarak kullanılan koruma aralıklarından birisi de çevrimsel önektir (CP). Çevrimsel önek, her dikgen frekans bölmeli çoğullama (OFDM) sembolünün önüne, aynı sembolün sonundan alınan verilerin bir kopyası eklenerek oluşturulur (Cendrillon ve Moonen, 2001). CP'nin, semboller arası girişimi önlemek için bir koruma aralığı olarak kullanılmasına rağmen bazı dezavantajları bulunmaktadır. Bu dezavantajların birincisi, CP eklenmesiyle OFDM sembol uzunluğunun artırılması sonucunda çok fazla miktarda bant dışı (out of band, OOB) yayılıma sebep olur. Oluşan OOB yayılımını azaltmak pek çok çalışmaya konu olmuştur (Beek ve Berggren, 2008, Lampe ve Rohlig, 1999, Wu ve ark., 2018). Diğer bir dezavantajı ise, CP'nin iletilen veriler tarafından oluşturulması ve deterministik olmaması sebebiyle senkronizasyon ve kanal kestirimi gibi ihtiyaçları verimli bir şekilde karşılayamamasıdır.

CP-OFDM'in, yukarıda verilen dezavantajlara sahip olması araştırmacıların yeni bir OFDM sinyal şeması arayışına neden olmuştur. Son yıllarda CP-OFDM'e kıyasla daha başarılı bit hata oranı (BHO) performansı ve daha düşük OOB yayılımına sahip yeni bir OFDM sistemi olan Unique-Word (UW) -OFDM önerilmiştir (Huemer ve ark., 2010). UW-OFDM, CP-OFDM'deki rasgele olan CP'lerin yerine deterministik bir dizi olan UW'nun kullanıldığı OFDM sinyal şemasıdır. UW'nun deterministik olması sayesinde, UW-OFDM kanal kestirimi ve senkronizasyon gibi görevlerde kullanılmak için tasarlanabilir. Ayrıca, UW-OFDM sinyal şemasının tasarımında, bilinen sembol dolgulu OFDM'e (Known Symbol Padding, KSP) benzer bir yapı kullanılır. KSP-OFDM'de kullanılan bilinen sembol dolgusu olarak adlandırılan güvenlik aralığı UW gibi

deterministiktir (Cendrillon ve Moonen, 2001). Ancak, UW-OFDM'in KSP-OFDM'den farkı UW'nun, ters ayrık Fourier dönüşümü (inverse discrete fourier transform, IDFT) çıktısına eklenmesidir. UW'nun IDFT çıktısına eklenebilmesi için frekans alanında artık alt taşıyıcılar kullanılmaktadır. Artık alt taşıyıcıların konumları ve enerjileri uygun şekilde seçilmesi gerekmektedir (Steendam, 2012, Steendam, 2012). Ayrıca UW-OFDM'de artıklık alt taşıyıcıların kullanılması sayesinde OOB yayılım karakteristiği CP-OFDM'e göre önemli ölçüde düşüklük göstermektedir (Rajabzadeh ve ark., 2013). UW'nun IDFT çıktısına eklenmesi sonucunda, BHO performansını artırmak için alıcı tarafında avantajlı bir şekilde yararlanılabilecek korelasyonlar ortaya çıkartmaktadır. Bu korelasyonlar sayesinde alıcı tarafta doğrusal en küçük ortalama karesel hata (Linear Minimum Mean Square Error, LMMSE) kanal kestirimi kullanılarak BHO performansında daha başarılı bir sonuç elde edilir (Huemer ve ark., 2010). Ayrıca, Artık alt taşıyıcıların frekans alanında kullanılması nedeniyle UW-OFDM frekans seçici kanallarda CP-OFDM'e göre daha iyi bir BHO performansı sergilemektedir (Onic ve Huemer, 2010). (Haselmayr ve ark., 2014, Huemer ve ark., 2010, Huemer ve ark., 2012, Onic ve Huemer, 2010)'deki çalışmalar, UW-OFDM'in frekans seçici kanallarda BHO performans değerlendirmesini dikkate alsalar da sonuçları yalnızca Monte-Carlo benzetimlerine dayanmaktadır. Bu nedenle (Steendam, 2016)'da UW-OFDM'in frekans seçici kanallarda BHO performansı davranışı teorik olarak analiz edilmiştir.

Bu çalışmada, literatürde yapılan (Haselmayr ve ark., 2014, Huemer ve ark., 2010, Huemer ve ark., 2012, Onic ve Huemer, 2010)'deki benzetim sonuçlarına ve (Steendam, 2016)'deki teorik sonuçlara ek olarak UW-OFDM'in Rayleigh ve Rician sönümlü kanallardaki BHO performansı Monte Carlo benzetimi kullanılarak analiz edilmektedir.

## UW-OFDM SİSTEM MODELİ

UW-OFDM'de deterministik olan UW dizisini zaman aralığında ekleyebilmek için uygun değerlerde seçilmiş  $\mathbf{x}_r \in \mathbb{C}^{N_r \times 1}$  sayıda artık alt taşıyıcı kullanılmaktadır. Bir UW-OFDM taşıyıcı sembolü şu şekilde ifade edilebilir:

$$\mathbf{x} = \mathbf{F}_N^{-1} \mathbf{B} \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_d \\ \mathbf{x}_r \end{bmatrix} \quad (1)$$

Burada değişim matrisi olarak isimlendirilen  $\mathbf{P} \in \{0,1\}^{(N_d+N_r) \times (N_d+N_r)}$ , verilerin konumlarını ve artık alt taşıyıcıların değerlerinin en uygun şekilde ayarlanmasını sağlar (Huemer ve ark., 2010).  $\mathbf{F}_N^{-1}$ , IDFT işlemidir.  $\mathbf{x}_d \in \mathbb{C}^{(N_d \times 1)}$ ,  $\mathbf{B}$  matrisi,  $\mathbf{B} \in \{0,1\}^{N \times (N_d+N_r)}$  şeklindedir (Onic ve Huemer, 2010).

UW-OFDM'in üretimi için doğrudan yaklaşım ve iki adımlı yaklaşım olarak isimlendirilen iki yöntem bulunmaktadır. Ancak iki adımlı yaklaşımın daha verimli olduğu (Onic ve Huemer, 2010)'da detaylı bir biçimde incelenmiştir.

## İki Adımlı Yaklaşım Kullanılarak UW-OFDM Üretimi

İki adımlı yaklaşımda, ilk adımda UW'nun ekleneceği zaman alanı konumunda, sıfırlardan oluşan bir dizinin üretilmesi amaçlanmaktadır. İkinci adımda UW zaman alanında eklenir.

$$\mathbf{x}' = \begin{bmatrix} \mathbf{x}_p \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} = \mathbf{F}_N^{-1} \mathbf{B} \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_d \\ \mathbf{x}_r \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{x}' + \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \mathbf{x}_u \end{bmatrix} \quad (3)$$

Burada  $\mathbf{x}_u \in \mathbb{C}^{N_u \times 1}$  ve  $\mathbf{x}_p \in \mathbb{C}^{(N-N_u) \times 1}$  dir. Bu matris işlemleri (4)'deki gibi uygun boyutlarda alt matrislere bölünür.

$$\mathbf{F}_N^{-1} \mathbf{B} \mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{M}_{11} & \mathbf{M}_{12} \\ \mathbf{M}_{21} & \mathbf{M}_{22} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Sıfırlardan ve artık alt taşıyıcılardan oluşan semboller şu şekilde ifade edilebilir:

$$\mathbf{0} = \mathbf{M}_{21}\mathbf{x}_d + \mathbf{M}_{22}\mathbf{x}_r \quad (5)$$

$$\mathbf{x}_r = -\mathbf{M}_{22}^{-1}\mathbf{M}_{21}\mathbf{x}_d \quad (6)$$

Burada  $\mathbf{T} = -\mathbf{M}_{22}^{-1}\mathbf{M}_{21}$  olarak ifade edilirse,

$$\mathbf{x}_r = \mathbf{T}\mathbf{x}_d \quad (7)$$

Artık alt taşıyıcı sembollerinin dahil olduğu frekans alanı vektörü olan  $\mathbf{x}$ , şu şekilde ifade edilebilir.

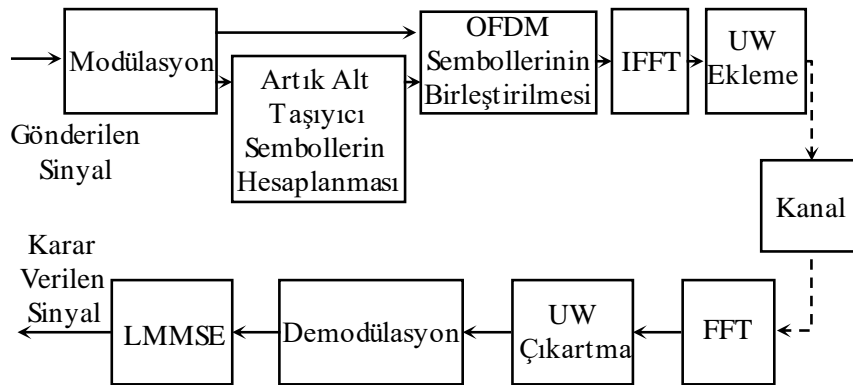
$$\mathbf{x} = \mathbf{BP} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_d \\ \mathbf{x}_r \end{bmatrix} = \mathbf{BP} \begin{bmatrix} \mathbf{x}_d \\ \mathbf{T}\mathbf{x}_d \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{BP} \begin{bmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{T} \end{bmatrix} \mathbf{x}_d \quad (9)$$

$$\mathbf{x} = \mathbf{BG}\mathbf{x}_d \quad (10)$$

Artık alt taşıyıcıların sayısı  $N_r = N_u$  dur. Burada  $\mathbf{G} = \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{I} \\ \mathbf{T} \end{bmatrix}$  olarak belirtilmiştir.

Bu yaklaşım kullanılarak, taşıyıcıyı oluşturmak için  $\mathbf{BG}\mathbf{x}_d$  dizisine IDFT işlemi uygulanılıp zaman alanı vektörü elde edilir. Elde edilen bu zaman alanı vektörünün sonuna Şekil 1.'de görüldüğü gibi deterministik olan UW dizisi eklenir. Böylece UW-OFDM verici paketi elde edilmiş olur. (Onic ve Huemer, 2010).



Şekil 1. UW-OFDM sisteminin verici alıcı yapısı.

### Alıcı Tasarımı

Bir OFDM sembolünün kanal yayılımı, çevrimsel kanal konvolüsyon matrisi  $\mathbf{H} \in \mathbb{C}^{N \times N}$ ,  $\mathbf{r} = \mathbf{H}\mathbf{x} + \mathbf{n}$  ve eklenecek beyaz Gauss gürültüsü  $\mathbf{n} \in \mathbb{C}^{N \times 1}$  ile modellenebilir. Alıcı tarafındaki vektörün frekans alanına dönüştürülmesi, sıfır taşıyıcıların çıkarılması veri ve artık alt taşıyıcıların ayırt edilmesi için  $\mathbf{B}^T$  matrisi kullanılır.

$$\mathbf{y} = \mathbf{B}^T \mathbf{F}_N \mathbf{r} = \mathbf{B}^T \mathbf{F}_N \mathbf{H} \mathbf{x} + \mathbf{B}^T \mathbf{F}_N \mathbf{n} \quad (11)$$

Alınan vektör  $\mathbf{y}$  şeklinde ifade edilir. (Huemer ve ark., 2010)'da anlatıldığı gibi, alıcı tarafında alınan vektörden bilgi içeren veri LMMSE kestirimci kullanılarak elde edilir.

Bu durumda alıcı taraftaki işlemleri sırasıyla aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilir:

Alınan sembolü frekans alanına dönüştürülür ve sıfır taşıyıcılar atılır.

$UW$ ,  $\mathbf{H}\mathbf{B}^T \mathbf{x}_u$  şeklindeki kanal etkisinden geçirildikten sonra alınan diziden çıkartılır.

Bu şekilde  $UW$ 'nin etkisi alıcı tarafında çıkarılmış olur (Onic ve Huemer, 2010).

## KANAL MODELLERİ

### Rayleigh Sönümlenmeli Kanal Modeli

Rayleigh dağılımı, verici ve alıcı arasında görüş hattı (Line-of-Sight, LOS) yolunun olmadığı durumlarda, bir düz sönümlü işaret ile ilgili alınan işaret zarfının istatistiksel zaman değişim tabiatını tanımlamakta kullanılır. Rayleigh düz sönümlü kanal modeli kanalın, zaman ekseninde Rayleigh dağılımına göre değişen bir genlik oluştuğunu kabul etmektedir (Farzamnia ve ark., 2018, Simon ve Alouini, 2005).

$$r(t) = \sum_{l=1}^L \alpha_l s(t - \tau_l) e^{j2\pi[(f_c + f_d \cos \psi_l)t - f_c \tau_l]} \quad (12)$$

Eşitlik (12) ile gösterilen iletilmiş işaret için  $s(t) = 1$  olarak kabul edilirse, alınan işaret  $r(t)$ , eşitlik (13)'deki gibi yazılabilir:

$$r(t) = \sum_{l=1}^L \alpha_l(t) e^{j2\pi(f_c + \Delta f_l)(t - \tau_l)} = \sum_{l=1}^L \beta_l(t) \quad (13)$$

$$\beta_l(t) = \alpha_l(t) e^{j2\pi(f_c + \Delta f_l)(t - \tau_l)} \quad (14)$$

Yol sayısının fazla olduğu durumda  $\beta_l(t)$ , bir kompleks Gaussian rastlantı değişkenine yaklaşacaktır ve  $\alpha_l(t)$  ise eşitlik (15)'de verilen bir Rayleigh olasılık yoğunluk fonksiyonuna sahip olacaktır.

$$f(\alpha) = \frac{2\alpha}{\Omega} \exp\left(-\frac{\alpha^2}{\Omega}\right), \alpha \geq 0 \quad (15)$$

Eşitlik (15)'de  $\Omega = E[\alpha^2] = \overline{\alpha^2}$  'dır ve  $E[\cdot]$  ise beklenen değeri belirtmektedir. Bu sebeple,  $\alpha$  ile temsil edilen alınan işaret değişimi (zarf) bir Rayleigh dağılımına sahip olacaktır. Rayleigh dağılımı, LOS yolunun bulunmadığı durumda frekans seçici olmayan (düz) sönümlü bir işaret zarfının istatistiksel zaman değişim tabiatını veya bireysel bir çokyollu elemanın zarfını tanımlamak için kullanılır. Bu durum için kanal, Rayleigh sönümlü kanal olarak adlandırılır (Simon ve Alouini, 2005).

### Rician Sönümlenmeli Kanal Modeli

Rician dağılımı, güçlü bir LOS yolu ve çok sayıda zayıf çokyollu bileşen varsa bu durumda alınan işaret değişimi, aşağıda tanımlanan bir Rice dağılımına sahip olacaktır ve kanal bu durum için Rician sönümlü kanal olarak adlandırılacaktır.

$$f(\alpha) = \frac{2(1+n^2)e^{-n^2}\alpha}{\Omega} \exp\left(-\frac{(1+n^2)\alpha^2}{\Omega}\right) I_0\left(2n\alpha\sqrt{\frac{1+n^2}{\Omega}}\right) \quad (16)$$

Eşitlik (16)'da  $\alpha > 0$  ise  $n$  değeri 0 ile  $\infty$  arasında değişen Rice sönümlenme parametresi ve  $I_0$  ise birinci türden modifiye edilmiş sıfırıncı dereceden Bessel fonksiyonudur.  $n$  parametresi,  $k$ 'nın "Rician faktörünü" tanımladığı durum için  $k = n^2$  şeklinde gösterilebilir.  $k$  faktörü; LOS bileşeninin gücünün, kablosuz ortamda saçılan bileşenin ortalama gücüne oranını ifade etmektedir. Eşitlik (16) ile verilen Rice dağılımı,  $n$ 'in farklı

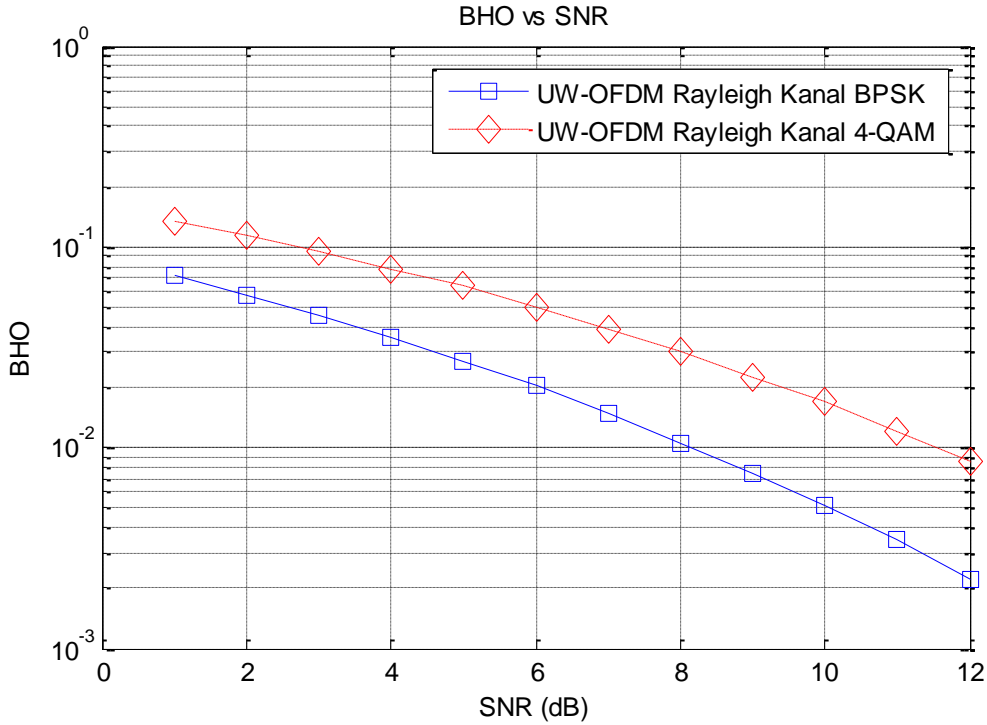
değerleri için farklı sönümlenmeleri ifade edebilir.  $0 < k < \infty$  durumunda kanal, Rician sönümlü kanal olarak modellenir (Simon ve Alouini, 2005).



## BAŞARIM DEĞERLENDİRMELERİ

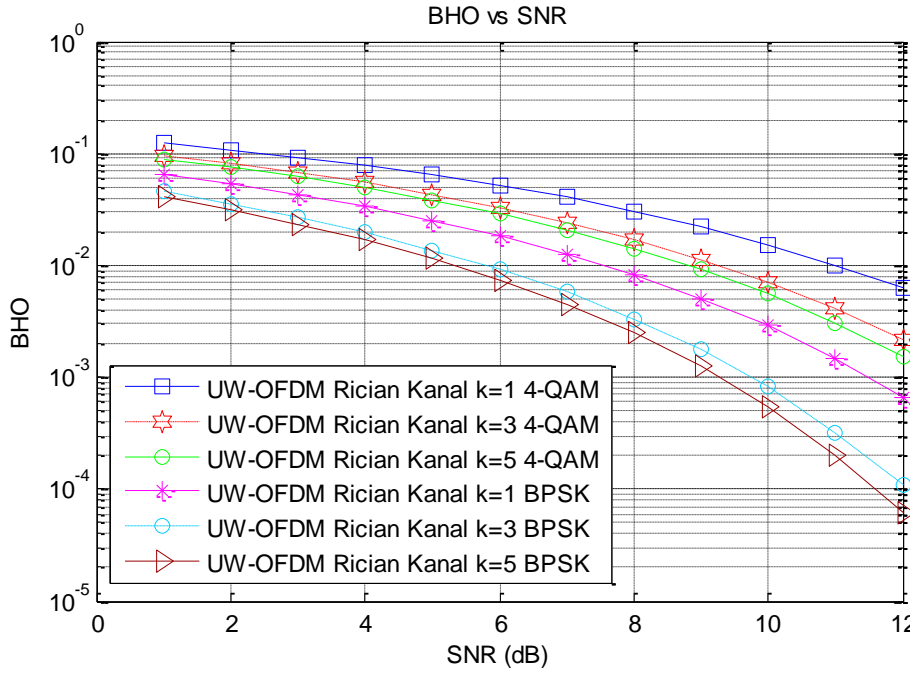
Çalışmanın bu bölümünde, LMMSE kanal kestirim algoritması kullanılarak UW-OFDM'in Rayleigh ve Rician düz sönümlenmeli kanal modelleri üzerindeki BHO başarımı farklı sistem parametreleri için sunulmaktadır. Bilgisayar benzetim çalışmalarında kullanılan sistem parametreleri şu şekildedir: Benzetimler birbirinden bağımsız 5000 Monte Carlo döngüsü üzerinden 20 adet sıfır dolgulu UW'dan oluşan UW-OFDM sembolü kullanılarak BPSK ve 4-QAM modülasyonlu UW-OFDM sistemleri için elde edilmiştir.

Şekil 2.'de UW-OFDM sisteminin Rayleigh sönümlü kanal üzerindeki BHO başarım performansı BPSK ve 4QAM modülasyonları için analiz edilmiştir. UW-OFDM'in Rayleigh kanal üzerindeki BHO başarımı detaylı olarak incelendiğinde, BPSK ve 4QAM'in hata oranının ve sistem performansının paralellik gösterdiği ve BPSK'nın daha iyi bir hata performansına sahip olduğu Şekil 2.'de açıkça görülmektedir.



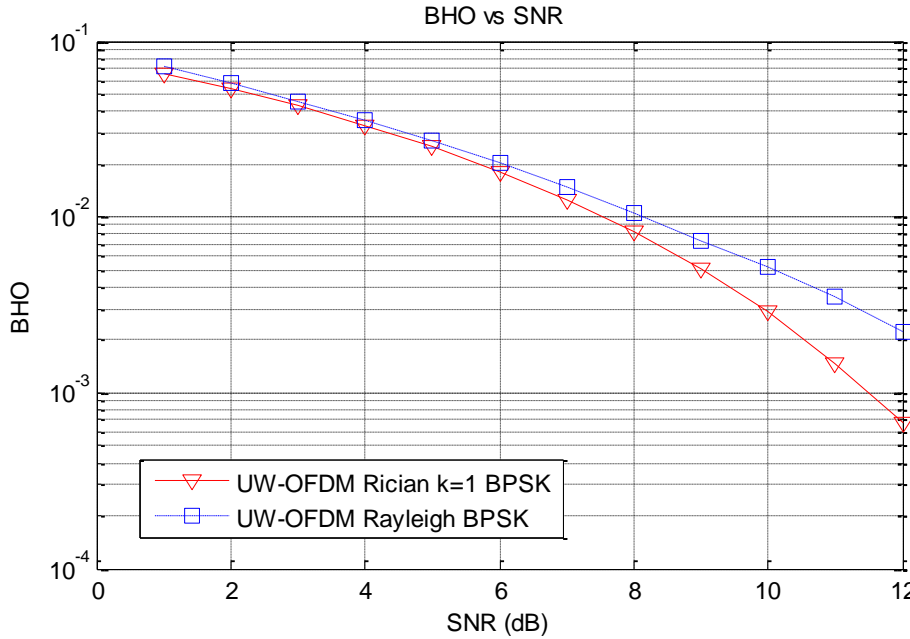
Şekil 2. UW-OFDM sisteminin Rayleigh kanal BHO başarımı.

Şekil 3.'te ise UW-OFDM sistemin BHO performansı Rician sönümlenmeli kanal üzerinde incelenmiştir. Farklı Rician sönümlenme parametreleri için elde edilen BHO eğrileri incelendiğinde BPSK modülasyonlu sistemde  $10^{-3}$ 'lük sistem performansı sırasıyla,  $k=1$  durumu için  $\approx 11$  dB'de,  $k=3$  durumu için  $\approx 10$  dB'de ve  $k=5$  durumu için  $\approx 9$  dB'de gözlenmektedir. Şekil 3.'de Rician  $k$  faktöründeki artışın İşaret Gürültü Oranı (Signal to Noise, SNR) kazancı ve BHO azalması sonucunu ortaya çıkardığı açıkça görülmektedir.



Şekil 3. UW-OFDM'in Rician Kanalda farklı k sönümlenme parametreleri için BHO başarımının karşılaştırılması.

Şekil 4.'de ise UW-OFDM'in Rayleigh ve Rician sönümlü kanal modellerindeki başarımların karşılaştırılması. Şekil 4.'deki BHO performansı incelendiğinde,  $10^{-2}$ 'lik sistem performansı Rayleigh sönümlenmeli kanal üzerinde  $\approx 8$  dB'de elde edilirken Rician sönümlenmeli kanal üzerinde  $\approx 7$  dB'de elde edilmiştir. SNR'deki azalmayla birlikte Rician Sönümlü kanalın Rayleigh sönümlü kanala göre daha iyi performans gösterdiği açık bir şekilde görülmektedir.



Şekil 4. UW-OFDM sisteminin farklı kanallar üzerinde BHO başarımının karşılaştırılması.

## SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada LMMSE kestirim algoritması kullanılarak sıfır dolgulu UW'dan oluşan UW-OFDM sisteminin Rician ve Rayleigh sönümlü kanallar üzerindeki BHO analizi hem teorik hem de bilgisayar benzetimleri aracılığı ile yapılmıştır. Sistemin hata olasılığı üzerindeki etkileri farklı kanal sönümlenme değerleri için analiz edilmiştir. Aynı zamanda, Rayleigh sönümlü kanal ile Rician sönümlü kanalın performansları da karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, Rician sönümlü kanal için elde edilen sonuçların Rayleigh sönümlü kanal için elde edilen sonuçlardan daha iyi olduğu açık bir şekilde görülmüştür.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmektedir. (Proje No: FLO-2019-9145)

## KAYNAKLAR

- Ali Farzamnia, N. W. Hlaing, M. Mariappan, M. K. Haldar 2018. BER Comparison of OFDM with M-QAM Modulation Scheme of AWGN and Rayleigh Fading Channels. 2018 9th ICSGRC.
- Alexander Onic, M. Huemer 2010. Direct vs. Two-Step Approach for Unique Word Generation in UW-OFDM. In the Proc. of the 15th International OFDM-Workshop 2010 (InOWo' 10), Hamburg, Germany, pp. 145-149.
- C. Vincent Sinn, Jürgen Götze 2007. Computationally Efficient Block Transmission Systems With and Without Guard Periods. *Signal Processing*, 87(6):1421-1433.
- Feiteng Wu, Jun Wang, Jintao Wang, Jian Song 2018. A Precoding Method for Both Out-of-Band Emission and PAPR Reduction in OFDM Systems. *IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB)*, pp. 2155-5052.
- Heidi Steendam 2012. Analysis of the redundant energy in UW-OFDM. *IEEE Transactions on Communications*, 60(6):1692–1701.
- Heidi Steendam 2012. On the redundant carrier distribution for UW-OFDM. 2012 *IEEE Wireless Communications and Networking Conference*.
- Heidi Steendam 2016. Theoretical Performance Evaluation and Optimization of UW-OFDM. *IEEE Trans. on Comm.*, 64(4):1739-1750.
- Heidi Steendam, M. Moeneclaey 2007. Different guard interval techniques for OFDM: Performance comparison. 6th International Workshop on Multicarrier Spread Spectrum. Germany, pp. 11–24.
- Jaap Van de Beek, Fredrik Berggren 2008. Out-of-Band Power Suppression in OFDM. *IEEE Communications Letters*, 12(9):609-611.
- John A. C. Bingham 1990. Multicarrier modulation for data transmission: an idea whose time has come. *IEEE Com. Magazine*, 28(5):5-14.
- Mario Huemer, C. Hofbauer, J. B. Huber 2010. The potential of unique words in OFDM. *International OFDM Workshop*, pp. 140–144.
- Mario Huemer, C. Hofbauer, J. Huber 2012. Non-systematic complex number RS coded OFDM by unique word prefix. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 60(1):285–299.
- Marvin K. Simon, M.S. Alouini 2005. *Digital Communication over Fading Channels*. Wiley Interscience.
- Mattias Lampe, H. Rohling 1999. Reducing out-of-band emissions due to nonlinearities in OFDM systems. *IEEE 49th Vehicular Technology Conference*, pp. 1090-3038.
- Morteza Rajabzadeh, Heidi Steendam, H. Khoshbin 2013. Power spectrum characterization of systematic coded UW-OFDM systems. In *Proc. Veh. Technol. Conf.*, Las Vegas, NV, USA, pp. 1–5, Sep. 2–5.
- Rephael Cendrillon, M. Moonen 2001. Efficient equalizers for single and multicarrier environments with known symbol padding. *Proc. of the Sixth International Symposium on Signal Proc. and its Applications*, 2: 607–610.
- Richard Van Nee, R. Prasad 2000. *OFDM for Wireless Multimedia Comm.* Artech House Publishers Boston.
- Werner Haselmayr, C. Hofbauer, B. Eitzinger, A. Springer, M. Huemer 2014. Iterative detection for unique word OFDM. 2014 *IEEE Global Comm. Conf.*, Austin, TX, USA, pp. 3261–3266.
- William C. Jakes 1974. *Microwave Mobile Communications*. John Wiley. New York.

## Synthesis of thiophen substitue 5,6-dihydrobenzoquinazolin-2-amine compounds

F.Tülay Tuğcu (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9397-1628>)

Yildiz Technical University, Faculty of Science, Department of Chemistry, İstanbul, Türkiye.

Corresponding author e-mail: ttugcu@yahoo.com

### Abstract

The benzoquinazoline ring is one of the most investigated scaffolds in medicinal chemistry. This group of compounds exhibits numerous pharmacological activities such as anti-inflammatory, antimicrobial, analgesic, diuretic, antihypertensive, antibiotic and antitumoral properties and many benzoquinazolines have been demonstrated to inhibit kinases by competing with ATP for the kinase active site.

Therefore, in this study, some new substituted benzoquinazoline derivatives which are considered that may possess biological activity have been obtained via one-pot multicomponent method by using substitute-thiophen carboxaldehydes, guanidine carbonate and 1-tetralone; and the structures of all these synthesized compounds have been clarified with spectral data.

**Keywords:** Quinazoline, Benzoquinazoline, Multicomponent reaction, One-pot reaction.

### INTRODUCTION

In this study, some new substituted benzoquinazoline derivatives which are considered that may possess biological activity have been obtained via one-pot three-component reactions. These reactions, which are carried out using the method of multicomponent reactions (MCRs), proceed as domino processes, making them easier to occur than the conventional multistep organic reactions. Multicomponent reactions; It has an important place among other reaction types because of their high productivity, easy application, fast and high yield production of small molecular weight compounds, high atom economy, use for total synthesis and very wide literature on this subject. Significant improvements have been provide in the discovery of medicinal products using this type of reaction, which is very useful in the identification and optimization of biologically active compounds. (Filho et al, 2017).

Benzoquinazolines, which have pyrimidine nucleus in their structures, represent the most interesting group of heterocycles that are used frequently in the medical field due to their biological activities. Quinazoline derivatives have been reported for their antibacterial (Bouley et al, 2016), antifungal (Zhang et al, 2016), anti-human immunodeficiency virus (HIV) (Alagarsamy et al, 2006), anthelmintic (Gupta et al, 1988), anti-tubercular (Joshi et al, 1987), anticonvulsant (Bhandari et al, 2008), antifibrillatory (Bekhit et al, 2001), antiinflammatory (Giri et al, 2009), anticancer activities (Ghorab et al, 2016), antiviral activities (Pandey et al, 1994).

### MATERIALS AND METHODS

Fourier Transform Infrared (FTIR) spectra of the starting materials and the obtained products were taken on the "Perkin Elmer Spectrum One" FTIR spectrophotometer by ATR technique. Nuclear magnetic resonance (<sup>1</sup>H NMR) spectra were obtained from a "Bruker 400 MHz" spectrophotometer in chloroform-D(CDCl<sub>3</sub>) using the tetramethylsilane (TMS) standard according to the solubility of the materials. Mass (MS) spectra were obtained with 70 eV "Hewlett Packard GC/MS 6890/5973".

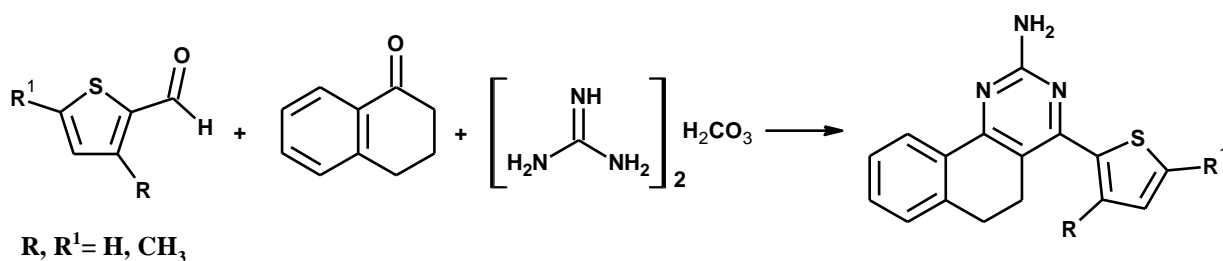
**General procedure for the synthesis of benzoquinazoline derivatives.** The mixture of 1-tetralone (2 mmol), aromatic aldehydes (2 mmol), guanidine carbonate (1 mmol) and NaOH (0.2 g) was put in a reaction flask and heated at 70 °C for about 2 h (Scheme 1). After completion of the reaction (TLC control at regular intervals) the dark solid mixture which was left to cool was washed with water and then purified by column chromatography (chloroform) to obtain the product in pure form.

**4-(Thiophen-2-yl)-5,6-dihydrobenzoquinazolin-2-amine(1).** Yellow solid; mp 165-6 °C; yield 72%; FTIR (ATR) ( $\gamma$ , cm<sup>-1</sup>) 3307 and 3189 (NH<sub>2</sub>), 3100 (aromatic ring, =C-H), 2948-2864 (cyclic ring, C-H), 1619 (heteroaromatic ring, C-N), 1531 (heteroaromatic ring, C=C), 1450 (C-N), 715 (C-S); <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) ( $\delta$ , ppm): 2.55 (2H, m, CH<sub>2</sub>), 2.94 (2H, m, CH<sub>2</sub>), 6.45 (2H, s, NH<sub>2</sub>), 7.12 (1H, d, ArH), 7.20 (1H, dd,

ArH), 7.29 (2H, d, ArH), 7.38 (1H, brd, ArH), 7.45 (1H, d, ArH), 7.50 (1H, d, ArH), MS: m/z 280 (M+1), 279 (M<sup>+</sup>), 278 (M-1), 236, 220, 140, 96. Anal. calcd. for: C<sub>16</sub> H<sub>13</sub>N<sub>3</sub>S: C 68.79, H 4.69, N 15.04, S 11.48 Found: C 68.81, H 4.66, N 15.05, S 11.47.

**4-(3-Methylthiophen-2-yl)-5,6-dihydrobenzoquinazolin-2-amine(2).** Yellow solid; mp 187-8 °C; yield 75%; FTIR (ATR) ( $\gamma$ , cm<sup>-1</sup>) 3300 and 3182 (NH<sub>2</sub>), 3068 (aromatic ring, =C-H), 2921-2864 (cyclic ring, C-H), 1621 (heteroaromatic ring, C-N), 1531 (heteroaromatic ring, C=C), 1453 (C-N), 707 (C-S); <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) ( $\delta$ , ppm): 2.36 (3H, s, thienyl-CH<sub>3</sub>), 2.58 (2H, m, CH<sub>2</sub>), 2.95 (2H, m, CH<sub>2</sub>), 6.47 (2H, s, NH<sub>2</sub>), 7.14 (1H, d, ArH), 7.27 (2H, d, ArH), 7.38 (1H, brd, ArH), 7.47 (1H, d, ArH), 7.52 (1H, d, ArH), MS: m/z 294 (M+1), 293 (M<sup>+</sup>), 292 (M-1), 236, 220, 206, 140, 96. Anal. calcd. for: Anal. Calcd. For C<sub>17</sub> H<sub>15</sub>N<sub>3</sub>S: C 69.59, H 5.15, N 14.32, S 10.93 Found: C 69.60, H 5.10, N 14.34, S 10.91.

**4-(5-Methylthiophen-2-yl)-5,6-dihydrobenzoquinazolin-2-amine(3).** Yellow solid; mp 172-3 °C; yield 70%; FTIR (ATR) ( $\gamma$ , cm<sup>-1</sup>) 3325 and 3201 (NH<sub>2</sub>), 3064 (aromatic ring, =C-H), 2917-2850 (cyclic ring, C-H), 1640 (heteroaromatic ring, C-N), 1530 (heteroaromatic ring, C=C), 1453 (C-N), 778 (C-S); <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>) ( $\delta$ , ppm): 2.45 (3H, s, thienyl-CH<sub>3</sub>), 2.57 (2H, m, CH<sub>2</sub>), 2.96 (2H, m, CH<sub>2</sub>), 6.48 (2H, s, NH<sub>2</sub>), 7.17 (1H, d, ArH), 7.30 (2H, d, ArH), 7.38 (1H, brd, ArH), 7.49 (1H, d, ArH), 7.52 (1H, d, ArH), MS: m/z 294 (M+1), 293 (M<sup>+</sup>), 292 (M-1), 236, 220, 206, 140, 96. Anal. calcd. for: Anal. Calcd. For C<sub>17</sub> H<sub>15</sub>N<sub>3</sub>S: C 69.59, H 5.15, N 14.32, S 10.93 Found: C 69.61, H 5.11, N 14.33, S 10.90.



Scheme 7. Synthesis of benzoquinazoline derivatives

## RESULTS and DISCUSSION

1-Tetralone, substituted thiophene-2-carboxaldehydes and guanidine carbonate are reacted in solvent-free medium using a one-pot three-component condensation method in basic medium and benzoquinazoline derivative compounds are synthesized. Efforts to determine the optimum ratios of the starting materials have been carried out in order to achieve the synthesis of the targeted compounds with the highest yield and the ratio of 1:1:1 (1-tetralone, aldehyde and guanidine carbonate, respectively) has been determined as the optimum condition. As is known, heterocyclic compounds generally occur through intramolecular or intermolecular cyclization reactions of straight chain structures. Thus, for the one-pot three-component condensation method between substituted thiophene-2-carboxaldehydes and guanidine carbonate substituted with 1-tetralone, a reaction pathway takes place as described (Scheme 1). The three substituted benzoquinazolines synthesized by one-pot three-component condensation reactions in a solvent-free medium were elucidated by infrared, <sup>1</sup>H magnetic resonance and mass spectroscopy methods

When infrared spectra of the compounds are examined, the C=C and C=N stretching bands characteristic of nitrogen-containing heterocyclic compounds as well as the ring excluded from the out-of-plane =C-H stretch oscillations with aromatic =C-H stretch are observed at the values specified for them and at the sources (Tsou et al, 2001).

<sup>1</sup>H NMR spectra of the synthesized products were dissolved in CDCl<sub>3</sub> and taken according to TMS standard. When a general systematic review of the <sup>1</sup>NMR spectra in a batch is made, the proton resonances of the heteroaromatic rings in the structure of the compounds are observed as multiple peaks in their specific region (Silverstein et al, 1981)

Mass spectral analyzes of the compounds have been carried out in order to give certainty to this determined structure. When the MS spectra of the compounds **1-3** are examined, the m/z ratios obtained from the observed molecular ion peaks are 279, 293 and 293, respectively, which determine the molecular weights of the synthesized products (Porter, 1985).

As a result, in this study, 3 original substituted benzoquinazoline-2-amine compounds were synthesized with high yield (72%, 75 % and 70%, respectively) and the structures were characterized by FTIR, <sup>1</sup>H NMR and MS spectroscopic methods.

## CONCLUSIONS

In conclusion, an efficient method for the synthesis of benzoquinazoline derivatives by condensation of cyclic ketone, aromatic aldehydes, and guanidine carbonate was successfully established under solvent-free condition catalyzed by NaOH. The advantages of this procedure are high yields, mild reaction conditions, easy work-up, and environmentally friendly procedure.

## ACKNOWLEDGEMENTS

Thanks for Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordination's support in this study. Project No: 2012-01-02-GEP05.

## REFERENCES

- Alagarsamy V, Giridhar R, Yadav HR, Revathi R, Rukmani K, De Clercq E, 2006. Indian J. Pharmaceut. Sci. 68:532.
- Bekhit AA, Habbib NS, Bekhit A 2001. Boll. Chim. Farm. 140:297.
- Bhandari SV, Deshmane BJ, Dangare SC, Gore ST, Raparti VT, Khachane CV, Sarkate AP 2008. Pharmacologyonline 2:604.
- Bouley R, Ding D, Peng ZH, et al., 2016. J. Med. Chem., 59:5011
- Discafari C, DeBlanc R, Davis R, Koehn FE, Greenberger LM, Wang YF, Wissner A, 2001. J. Med. Chem. 44:2719-2734.
- Filho JFA, Lemos BC, de Souza AS, Pinheiro S, Greco SJ 2017. Tetrahedron, 73: 6977-7004.
- Giri RS, Thaker HM, Giordano T, Williams J, Rogers D, Sudersanam V 2009. Eur. J. Med. Chem. 44:2184.
- Ghorab MM, Alsaïd MS, Al-Dosari MS, El-Gazzar MG, Parvez MK 2016. Des. Mol. 21:189.
- Gupta DP, Ahmed S, Kumar A, Shankar K 1988. Indian J. Chem. 27:1060.
- Joshi V, Chaurasia RP 1987. Indian J. Chem. 26:602.
- Pandey VK, Mishra D, Sukla S 1994. Indian Drugs 31:53.
- Porter QN, Mass Spectrometry of Heterocyclic Compounds, John Wiley and Sons Inc., New York, 1985.
- Silverstein RM, Bassler GC, Morrill TC, Spectrometric Identification of Organic Compounds, fourth ed., John Wiley and Sons Inc., New York, 1981.
- Tsou HR, Mamuya N, Johnson BD, Reich MF, Gruber BC, Ye F, Nilakantan R, Shen R, Zhang J, Liu J, Ma YM, et al., 2016. Bioorg. Med. Chem. Lett. 26: 2273.

## Beslenmenin ruh sağlığı ve bağırsak mikrobiyotası üzerine etkileri

Ceren İnce<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9931-2327>)  
Özlem Çağındı<sup>2\*</sup> (ORCID: : <https://orcid.org/0000-0002-6436-9208>)

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

<sup>2\*</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: ozlem.cagindi@cbu.edu.tr

### Özet

Beslenmenin insan fizyolojisi ve beden sağlığı için gerekli olmasının yanında ruh hali üzerinde de önemli etkileri bulunmaktadır. Gıda alımının beyin sistemini harekete geçirerek ruh sağlığı üzerinde olumlu ve olumsuz etkileri yaratmaktadır. Vücuda alınan gıda bileşenleri beyinde nörotransmitterleri harekete geçirmektedir. Nörotransmitterler ve nöromodülatörler, sinir sistemi içerisindeki kimyasal iletişimin temel birimleridir. Hormonlar, organizmanın işlevlerini kontrol etmenin yanı sıra duyu durum değişikliklerine neden olmaktadır. Besin ögesi yetersizlikleri ve buna bağlı olarak gelişen nörotransmitter ve hormon metabolizmasındaki bozukluklar bireylerin davranışlarını etkilemektedir. Kişilik gelişimini etkileyen beyin gelişimi, genetik ve çevresel faktörlerin yanında, beslenme biçimiyle de ilişkili olduğu saptanmıştır. Beslenme psikiyatrisinin gelişen alanı, bağırsaklarda yaşıyan bakteri türleri ile davranışlar arasında ilişki olduğunu savunmaktadır. Aktif metabolitler üreten spesifik bakteri suşları aracılığıyla beyin işlevlerini modüle edebilen diyetleri tanımlaması gerektiği bildirilmektedir. Bağırsak mikrobiyotasının ve serotonin hormonunun düzenlenmesinde beslenmenin önemi çalışmalarda vurgulanmıştır. Probiyotik gıdalarla beslenen insanların tüketmeyenlere göre kaygı düzeyleri, stres algısı ve zihinsel etkinliği olumlu etkilenmektedir. Bilişsel fonksiyonlarının artırılabilceği beslenmenin metabolik ve hücresele mekanizmaları açıklamak, diyet kompozisyonunun en iyi şekilde nasıl düzenleneceğinin belirlenmesinde yardımcı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada beslenmenin ve bağırsak mikrobiyotasının insan ruh sağlığı üzerine etkisine ilişkin bilgi ve araştırmalar derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Diyet, beyin sağlığı, beslenme psikiyatrisi, bağırsak mikrobiyotası

### Effects of nutrition on mental health and intestinal microbiota

#### Abstract

Nutrition, besides being essential for human physiology and body health, also has important effects on mood. It is found that food intake has positive and negative effects on mental health by activating the brain system. Food components taken into the body activate neurotransmitters in the brain. Neurotransmitters and neuromodulators are the basic units of chemical communication within the nervous system. Hormones cause mood changes as well as controlling organism functions. Nutrient deficiencies and the resulting disorders in neurotransmitter and hormone metabolism affect the behaviour of individuals. Brain development, genetic and environmental factors affecting personality development are also found to be related to diet. The developing field of nutrition psychiatry argues that there is a relationship between bacterial species living in the intestines and behaviour. It is reported that diets that can modulate brain functions through specific bacterial strains that produce active metabolites. The importance of nutrition in the regulation of gut microbiota and serotonin hormone has been emphasized in studies. People who eat probiotic foods are said to have improved anxiety levels, stress perception and mental activity compared to people who do not take probiotics. It is thought that explaining the metabolic and cellular mechanisms of nutrition in which cognitive functions can be increased will help in determining how to regulate the diet composition in the best way. In this study, information and researches on the effects of nutrition and intestinal microbiota on human mental health were compiled.

**Keywords:** Diet, mental health, nutritional psychiatry, gut microbiota

## GİRİŞ

Beslenme; büyüme, gelişme, yaşamın sağlıklı, mutlu ve başarılı bir şekilde sürdürülebilmesi için en temel gereksinimlerden biridir. Bugün bazı kanser çeşitleri, osteoporoz, yüksek tansiyon, kalp hastalıkları, şeker hastalığı, sindirim sistemi hastalıkları gibi birçok hastalığın nedeninin dengesiz beslenme ile ilgili olduğu bilinmektedir (El, 2016). Beslenmeyle ilişkili kronik hastalıkları önlemek üzere optimum beslenme kavramının doğmasıyla biyoaktif bileşenlerin önemi artmaktadır (McClements, 2015). Biyoaktif bileşenler arasında probiyotikler, prebiyotikler, fenolik bileşikler, karotenoidler, biyoaktif peptidler bulunmaktadır (Noomhorm ve ark., 2014).

Obezite, diyabet, kardiyovasküler ve kanser hastalıklarının yanı sıra beslenmenin nöropsikiyatrik hastalıkları önleme ve tedavisinde önemli olduğu düşünülmektedir. Diyetin mental fonksiyonların iyileştirilmesi için kullanılması oldukça yeni bir yaklaşım olarak incelenmektedir. Beslenme psikiyatrisi olarak tanımlanan bu yeni alan, zihin sağlığı için ne yenilmesi ve nasıl beslenmesi gerektiği ile ilgilenmektedir. Beslenme psikiyatrisi alanında gıdalar ve psikiyatrik bozukluklar arasında en güçlü ilişki depresyon riskinde bulunmuştur. Diğer yandan gıdaların, anksiyete bozuklukları, demans, şizofreni ve dikkat eksikliği gibi nörolojik sorunlarda da rol oynadığı ortaya konmuştur (Logan ve ark., 2014; Jacquelyn ve Flaskerud, 2015; Özenoğlu, 2018).

Makro ve mikro besin öğeleri yetersizliğinin sadece bilişsel fonksiyonlarda zayıflama ve depresif ruh haline yol açmanın yanında saldırgan davranışların sergilenmesinde de etkili olduğu bilinmektedir. Beslenmenin duygudurumu, davranış ve biliş üzerine etkilerinin ortaya çıkmasında beyin-bağırsak eksenindeki sinyallerin önemi günümüzde daha iyi anlaşılmıştır. Bağırsak bakterilerinin dengesinin değişmesinin sadece beyindeki kimyasalların seviyesini değiştirmede, aynı zamanda davranışlarda da belirgin değişimlere neden olduğunu göstermiştir (Cani ve Delzenne, 2011; Dinan ve ark., 2013; Oriach ve ark., 2016). Bu çalışmada beslenmenin ve bağırsak mikrobiyotasının insan ruh sağlığı üzerine etkisine ilişkin bilgi ve araştırmalar derlenmiştir.

## DUYGU DURUMUNA ETKİ EDEN GIDALAR

Gıdaların duygu durumunu etkilediği bilinmektedir. Beslenmenin duygudurumu, davranış ve biliş üzerine etkilerinin ortaya çıkmasında beyin-bağırsak eksenindeki sinyallerin önemi günümüzde daha iyi anlaşılmıştır. Yapılan son araştırmalar fiziksel ve zihinsel sağlığın bir bütünün parçası olduğunu ve ayrılmaz olduğunu göstermektedir (Özenoğlu, 2018).

Karbonhidratlar, vücudumuza enerji sağlar ve kan akışını hızlandırarak sakin kalmamıza yardımcı olur. Yapılan araştırmalar uzun süre karbonhidratlar bakımından yetersiz beslenen kişilerde depresyona girme riskinin arttığı ortaya koyulmuştur. Yağların vücuda alınması elzem olan çoklu doymamış yağ asitleri, beyin dokusu ve sinir sisteminin oluşmasıyla hormonların yapısında rol oynadıklarından, eksikliklerinde bireylerin ruhsal ve sinirsel yapısını etkilemektedir. Proteinler, sindirim sırasında aminoasitlere parçalanır ve bu aminoasitlerden oluşan nörotransmitterler uyanık kalmamıza ve enerjimizi artırıp tamamen kullanmamızı sağlamaktadır (Canetti ve ark., 2002).

Bazı araştırmacılar daha pozitif ruh hali ile günlük meyve-sebze tüketiminin yüksek olması arasında güçlü bir ilişki olduğunu bildirmiştir (White ve ark., 2013; Jacquelyn, 2015). Bazıları ise belirli omega-3 yağ asitlerinin vücutta düşük oranda bulunmasının majör depresif bozukluk ve intihar riski de dahil olmak üzere ruhsal hastalıklarla ilişkili olduğunu göstermiştir (Mischolun, 2011; Grosso ve ark., 2014).

Mutluluk hormonu olan serotonin, sinir sisteminin beyinle ilişkide bulunduğu yer olan bağırsakta sentezlenmektedir. Serotonin; beyin istiridye, salyangoz, ahtapot, kalamar, muz, ananas, erik, fındık, süt, hindi, ıspanak ve yumurta gibi besinlerde bulunan triptofandan ürettiği önemli bir nörotransmitterdir (Strasser ve ark., 2016). Serotonin molekülü, gastrointestinal sistem ve merkezi sinir sistemi arasındaki çift yönlü iletişim sistemi içerisinde sinir sistemi, hormonal ve immünolojik sinyalleşmeler arasındaki homeostazide önemli bir rol oynamaktadır (Oriach ve ark., 2016).



## Gastrointestinal Sistem

İnsan vücudu trilyonlarca mikroorganizmaya ev sahipliği yapan özgün bir ekosistem gibidir. %90 oranında mikroorganizma hücresi (100 trilyon) barındırırken sadece %10 civarında ökaryotik hücre (10 trilyon) barındırmaktadır. Kalın bağırsak, mikroorganizmaların en yoğun bulunduğu kısım olup mikrobiyal yük  $10^{11}$ - $10^{12}$  kob/g düzeyindedir.

Sağlıklı ve sağlıksız bireylerin mikrofloraları birbirinden oldukça farklıdır. Kalın bağırsak mikroflorasını oluşumunda etkili birçok faktör vardır. Bebeğin kalın bağırsak mikroflorasının oluşumunda doğum şekli önemlidir; normal doğumda bebek, sağlıklı annenin doğum kanalından gelen mikroflora (*Lactobacillus* ve *Bifidobacterium* spp.) ile karşılaşmakta ve kalın bağırsak kolonizasyonunu önemli düzeyde etkileyebilmektedir. Bebeğin beslenme şekli kalın bağırsak mikroflorasını önemli düzeyde etkilemektedir. Coğrafya, iş ve aile hayatında stres, fiziksel aktiviteleri, geçirdiği hastalıklar ve kullandığı ilaçlar kalın bağırsak mikroflorasını önemli düzeyde etkilemektedir. Antibiyotikler, geniş spektrumlu antimikrobiyal etkilerinden hastalık etmeni patojen bakterileri inhibe ettikleri gibi bağırsakta bulunan yararlı bakterileri de inhibe etmektedirler. Kişinin hastalık durumu da kalın bağırsak mikroflorası üzerinde etkisi olan faktörlerden biridir. Kalın bağırsak mikroflorasının oluşumunda başlıca bir diğer etken de beslenme alışkanlıklarıdır.

## Bağırsak-Beyin Aksı

Merkezi sinir sistemi, beyin ve beyincikten oluşan 100 milyar sinir hücresi, 100 transmittere sahip olan bir yapıdır. Dopamin hormonunun %50'si, serotonin hormonunun %5'i bu sinir sisteminde üretilmektedir. Enterik sinir sistemi ise, bağırsaklarda bulunan kendine has sinir sistemidir ve 100 milyon sinir hücresi, 40 nörotransmitter, dopamin hormonunun %50'si, serotonin hormonunun %95'i burada bulunmaktadır (Campbell ve ark., 2018; Doğan ve ark., 2018; Şahin, 2018).

Bağırsak ve beyin arasındaki çift yönlü iletişimi yönlendiren 3 temel mekanizma vardır:

Sinirsel

Endokrin Sistemi

Bağışıklık Sistemi

Vagus siniri; beyin, mide ve bağırsaklar arasında direkt olarak iletişimi sağlamaktadır. Vagus sinirinden iletilen sinyaller çift yönlü olarak hareket eder. Bununla birlikte sinyallerin % 90'ı bağırsaktan beyne doğru yukarı yönde hareket etmektedir. Böylelikle, beyin-bağırsak sindirim aktiviteleri hakkında sürekli bir bilgi akışı içerisinde (Perez-Burgos ve ark., 2014; Campbell ve ark., 2018).

Hayvanlar üzerine yapılan çalışmalarda, bağırsak bakterilerinin nöronların uyarılabilirliğini değiştirme yeteneğine sahip olduğu bildirilmektedir (McVey-Neufeld ve ark., 2013). Probiyotik *Lactobacillus reuteri*'nin vücuda alınmasının sıçanlarda kolon nöronlarının uyarılabilirliğini artırdığı görülmüştür (Kunze ve ark., 2009). Yine bir başka çalışma, *L. rhamnosus* bakterisinin, fare beyninin sadece vagus siniri sağlam olduğunda bir bölgedeki sinirlerin uyarılma oranını artırdığı görülmüştür (Perez-Burgos ve ark., 2013). *L. rhamnosus*'un normal bir mikrobiyota sahip farelerde, çeşitli bölgelerde GABA reseptörlerini düzenleyebildiğini ve stresi azaltabildiğini göstermiştir (Bravo ve ark., 2011). Diğer yandan, *Bifidobacterium longum* NCC3001, sıçanlarda ESS nöronlarının uyarılabilirliğini azaltabileceğini göstermiştir (Khoshdel ve ark., 2013).

Bağırsaktan beyne iletimin bir başka yolu, bağırsak hormonları ve düzenleyici peptitler yoluyla (Zhou ve Foster, 2015). Fareler ve insanlarda yapılan çalışmada spesifik bakteriler bağırsak serotonin üretimini destekleyen metabolit sinyallerini değiştirmekle birlikte, bu bakterilerin kolonda ve kanda serotonin seviyelerini düzenlemeye yardımcı olduğu görülmüştür (Yano ve ark., 2015). Bağırsaktaki serotonin sinyal sistemi, vagus siniri yoluyla beyne mesaj göndermektedir. Vagus, kolesistokinin glukagon benzeri peptid-1, peptid YY ve ghrelin bu sinyalleri aktive edebildiği bildirilmektedir (Dockray, 2013). Bağırsaktan beyne iletişim sağlamanın bir diğer yolu, bağırsaktaki bağışıklık hücreleridir. Bağışıklık hücreleri, vagus siniri aktive ederek veya sistemik dolaşıma girerek beyne ulaşan inflamasyonu indükleyen sitokinleri serbest bırakabilir. Bir çalışmada, karaciğer iltihabı olan farelere probiyotik bir karışım (VSL# 3) verilmesi, beyindeki bazı beyaz kan hücrelerinin enflamasyonun azalmasına neden olduğu tespit edilmiştir (D'Mello ve ark., 2015).

## MİKROBİYOTA-BAĞIRSAK-BEYİN EKSENİNDE BESLENMENİN ROLÜ

Diyetin yaşam süresi boyunca bağırsak mikrobiyotasının oluşumu ve kompozisyonu etkileyen en önemli faktörlerden birisi olduğu çok sayıda ki çalışmada gösterilmiştir. Bağırsak mikrobiyotası, kronik inflamasyon ve merkezi sinir sistemi arasındaki ilişki göz önünde bulundurulduğunda, inflamatuvar bağırsak hastalığının beyin fonksiyonlarını değiştirebileceği ve dolayısıyla davranışsal ve bilişsel değişikliklere neden olabileceği öngörülmektedir.

Beslenme tarzı ve obezitenin bağırsak mikrobiyota kompozisyonunu anlamlı olarak değiştirdiği ve dolayısıyla inflamatuvar durumu etkilediği gösterilmiştir. Probiyotikler; gastro-intestinal bölgede yerleşik mikrofloranın sağlıklı yönde çoğalmasını ve gelişmesini destekleyen canlı mikroorganizmalardır. Prebiyotikler; kolonda insan sağlığı için faydalı *Lactobacilli* ve *Bifidobacteria* gibi floranın seçici olarak gelişimini destekleyecek, sindirilemeyen ancak fermente olabilen karbohidratlardır. Baklagiller, hindiba kökü, rafine edilmemiş buğday, yulaf, muz, yer elması, kuşkonmaz gibi “prebiyotik gıdalar” bağırsak bakterilerini ve onların faaliyetlerini desteklemektedir (Cani ve Delzenne, 2011; Dinan ve ark., 2013; Oriach ve ark., 2016). Bazı probiyotik bakteri suşlarının diyetle eklendiği obezite ve strese maruz kalan fare ve sıçanlar üzerinde yapılan çalışmalarda antidepresan etki ve serotonin homonunun artış gösterdiği tespit edilmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** Bazı probiyotik bakterilerinin beyin hastalıkları üzerine etkisi

Bazı hastalıklar sonucunda intestinal mikrobiyota dengesi bozulmakta ya da intestinal mikrobiyota dengesi

Probiyotik veya Prebiyotik	Denek grubu	Hastalık	Klinik Çalışması	Sonuçlar	Referans
<i>B. longum</i> 1714 <i>B. breve</i> 1205	Fareler	Strese bağlı psikiyatrik rahatsızlıklar	Kontrollü	+	(Savignac ve ark., 2015; Özer ve ark. 2019)
<i>L. helveticus</i> NS8	Fareler	Anksiyete benzeri davranış bozuklukları	Morris su labirenti	+	(Luo ve ark., 2014)
<i>L. helveticus</i> NS8	Sıçanlar	Obezite, stres, anksiyete	Davranış testi	Antidepresan etki ve serotonin sentezi	Liang ve ark., 2015)
<i>L. helveticus</i> R0052 & <i>B. longum</i> R0175	Sağlıklı bireyler ve sıçanlar	Stres, kaygı ve depresyon gibi psikiyatrik bozuklukları	Plasebo kontrollü	+	Messaoudi ve ark., 2011)
<i>L. acidophilus</i> , <i>B. lactis</i> ve <i>L. fermentum</i>	Diyabetik fareler	Diyabet ve beyin fonksiyonları üzerine olumsuz belirtileri	Morris su labirenti	+	Davari ve ark.,2013)

bozulduğu için hastalıklar bazı meydana gelmektedir. İnsan ve fare modellerinde beyin-bağırsak-mikrobiyota eksenindeki hastalıklarda hedeflere yönelik prebiyotikler, probiyotikler ve fekal mikrobiyota transplantasyonu tedavi yöntemleri uygulanması belirtilmektedir (Turkiewicz ve ark., 2019).

## SONUÇ

Beslenme; bağırsak mikrobiyotasının oluşumunda önemli yer tutmakta olup, mikrobiyotanın geçirgenliğinin bozulması ve burada yer alan bakterilerin kompozisyonunun değişmesi birçok önemli hastalığa yol açabileceği bildirilmektedir. Bağırsak mikrobiyotasının farmakolojik ilaç tedavilerinin prebiyotik ve probiyotiklerle değiştirilmesinin, bağırsak mikrobiyotası üzerinden insan sağlığını etkileyebileceği düşünülmektedir. Probiyotik türü, suşu, dozu ve uygulanma süresi gibi bilgilerin daha detaylı çalışmalarının yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bağırsak-beyin aksı üzerinde etkili olduğu yapılan çalışmalarca desteklenen mikrobiyotanın modülasyonunun nörolojik ve metabolik hastalıklar üzerindeki etkisi üzerine daha fazla araştırmaların yapılması gerektiği düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Bravo, JA., Forsythe, P., Chew, MV., Escaravage, E., Savignac, HM., Dinan, TG., ... Cryan, JF 2011. Ingestion of *Lactobacillus* strain regulates emotional behavior and central GABA receptor expression in a mouse via the vagus nerve. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(38):16050-16055.
- Campbell, K., Haskey, N., Ishiguro, E 2018. Gut Microbiota. Interactive Effects on Nutrition and Health. ISBN: 978-0-12-810541-2, p:29-33, United Kingdom.
- Canetti, L., Bachar, E., Berry, EM 2002. Food and emotion. *Behavioural Processes*, 60(2):157-164.
- Cani PD., Delzenne NM 2011. The gut microbiome as therapeutic target. *Pharmacology and Therapeutics*, 130: 202–12.
- Davari, S., Talaie, SA., Alaei, H., Salami, M 2013. Probiotics treatment improves diabetes-induced impairment of synaptic activity and cognitive function: behavioral and electrophysiological proofs for microbiome-gut-brain axis. *Neuroscience*, 240:287-296.
- Dinan TG, Stanton C, Cryan JF 2013. Psychobiotics: a novel class of psychotropic. *Biol Psychiatry*, 74:720-6.
- D'Mello, C., Ronaghan, N., Zaheer, R., Dicay, M., Le, T., MacNaughton, WK., ... Swain, MG 2015. Probiotics improve inflammation-associated sickness behavior by altering communication between the peripheral immune system and the brain. *Journal of Neuroscience*, 35(30):10821-10830.
- Dockray, GJ 2013. Enteroendocrine cell signalling via the vagus nerve. *Current opinion in pharmacology*, 13(6):954-958.
- Doğan, A., Yaşar, S., Kayhan, S., Kırmızıgöz, Ş., Kaplan, A 2018. Bağırsak-beyin aksı. *Türk Nöroşirürji Dergisi*, 28(3): 377-379.
- El, SN 2016. Gıda Bileşenlerinin Beslenme Açısından Önemi. Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notu, İzmir.
- Grosso, G., Pajak, A., Marventano, S., Castellano, S., Galvano, F., Bucolo, C., ... Caraci, F 2014. Role of omega-3 fatty acids in the treatment of depressive disorders: a comprehensive meta-analysis of randomized clinical trials. *Plos One*, 9(5): e96905.
- Güzel-Seydim (Eds.), ZB., Yıldırım, Z. Köktaş, T 2016. Kalın Bağırsak Sağlığı: Probiyotikler ve Fonksiyonel Etkileri. Fonksiyonel Beslenme, Sidas Yayınları, ISBN: 978-605-5267-31-5, İzmir, s:79-96.
- Jacquelyn, H., Flakerud, H 2015. Mood and Food. *Issues in Mental Health Nursing*, 36(4):307-310.
- Khoshdel, A., Verdu, EF., Kunze, W., McLean, P., Bergonzelli, G., Huizinga, JD 2013. *Bifidobacterium longum* NCC 3001 inhibits AH neuron excitability. *Neurogastroenterology & Motility*, 25(7): e478-e484.
- Kunze, WA., Mao, YK., Wang, B., Huizinga, JD., Ma, X., Forsythe, P., Bienenstock, J 2009. *Lactobacillus reuteri* enhances excitability of colonic AH neurons by inhibiting calcium-dependent potassium channel opening. *Journal of cellular and molecular medicine*, 13(8b): 2261-2270.
- Liang, S., Wang, T., Hu, X., Luo, J., Li, W., Wu, X., Duan, Y., Jin, F 2015. Administration of *Lactobacillus helveticus* NS8 improves behavioral, cognitive, and biochemical aberrations caused by chronic restraint stress. *Neuroscience*, 310:56177
- Luo, J., Wang, T., Shan, L., Xu, H., Wei, L. ve Feng, J 2014. Ingestion of *Lactobacillus* strain reduces anxiety and improves cognitive function in the hyperammonemia rat. *Sciences CHINA Life Sciences*, 57(3): 327–35.
- Logan AC., Jacka, FN 2014. Nutritional psychiatry research: an emerging discipline and its intersection with global urbanization, environmental challenges and the evolutionary mismatch. *Journal of Physiological Anthropology*, 33:22.
- McClements, DJ 2015. Enhancing nutraceutical bioavailability through food matrix design. *Food Science*, 4: 1–6.
- McVey- Neufeld, KA., Mao, YK., Bienenstock, J., Foster, JA., Kunze, WA 2013. The microbiome is essential for normal gut intrinsic primary afferent neuron excitability in the mouse. *Neurogastroenterology and Motility*, 25(2), 183-188.
- Mischoulon D 2011. The impact of omega-3 fatty acids on depressive disorders and suicidality. *Journal of Clinical Psychiatry*, 72:1574–6.
- Noomhorm, A., Ahmad, I., Anal, A (Eds) 2014. Functional foods and dietary supplements: processing effects and health benefits. John Wiley & Sons.

- Oriach CS, Robertson RC, Stanton C, Cryan JF, Dinan TG 2016. Food for thought: The role of nutrition in the microbiota-gut-brain axis. *Clinical Nutrition Experimental*, 6: 25-38.
- Özenoğlu, A 2018. Duygu durumu, besin ve beslenme ilişkisi. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(4):357-365.
- Özer, M., Özyurt, G., Harsa, ŞT 2019. Probiyotik ve Prebiyotiklerin Bağırsak-Beyin Aksına Etkisi. *Akademik Gıda*, 17(2): 269-280.
- Perez-Burgos, A., Mao, YK., Bienenstock, J., Kunze, WA 2014. The gut-brain axis rewired: adding a functional vagal nicotinic “sensory synapse”. *The FASEB Journal*, 28(7): 3064-3074.
- Savignac, HM., Tramullas, M., Kiely, B., Dinan, TG., Cryan, JF 2015. *Bifidobacteria* modulate cognitive processes in an anxious mouse strain. *Behavioural Brain Research*, 287:59-72
- Şahin, AN 2018. Yetişkin Bireylerde Psikobiyotik Özellik Gösteren Probiyotik Besinlerin Tüketimi ve Mental Sağlık Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Turkiewicz, J., Ryu, HJ., Mayer, EA 2019. Gut microbes and behavior. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 28:72-77.
- White BA., Horwath CC., Conner TS 2013. Many apples a day keep the blues away – Daily experiences of negative and positive affect and food consumption in young adults. *British Journal of Health Psychology*, 18:782–98.
- Yano, JM., Yu, K., Donaldson, GP., Shastri, GG., Ann, P., Ma, L., ... Hsiao, EY 2015. Indigenous bacteria from the gut microbiota regulate host serotonin biosynthesis. *Cell*, 161(2): 264-276.
- Zhou, L., Foster, JA 2015. Psychobiotics and the gut–brain axis: in the pursuit of happiness. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 11:715.

## Farklı elma çeşitlerinin kabuklarındaki antidiyabetik ve antioksidan özelliklerinin belirlenmesi

Ceren İnce<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9931-2327>), Özlem Çağındı<sup>2\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6436-9208>), İrem Köylü<sup>2</sup>, Aysima Mak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

<sup>2\*</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: ozlem.cagindi@cbu.edu.tr

### Özet

Sağlıksız beslenmenin yaygınlaşması ve beslenme düzeninin bozulması, insan metabolizmasında olumsuzluklar yaratmaktadır. Yanlış beslenme alışkanlıkları ve obezite oranına bağlı olarak diyabetli hasta sayısının önümüzdeki yıllarda hızla artması beklenmektedir. Meyve ve sebze yan ürünleri, yapısındaki yüksek doğal biyoaktif bileşen içeriğinden dolayı ürün geliştirme için potansiyel oluşturmaktadır. Bu çalışmada ülkemizde yaygın olarak tüketilen 5 farklı elma çeşidi (Amasya Elması, Golden Delicious, Granny Smith, Starking Delicious, Fuji) kabuklarının toplam fenolik madde miktarı, antidiyabetik, antioksidan aktivite analizleri spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına göre elma kabuklarının tespit edilen fenolik madde miktarı en yüksek çeşidi Amasya elması olmuştur. Antioksidan aktivitesi açısından, en yüksek antioksidan aktivitesi Golden Delicious çeşidi elma kabuğunda olduğu tespit edilmiştir. Antidiyabetik aktivite sonuçlarına göre  $\alpha$ -glukosidaz inhibisyon aktivitesi en yüksek elma kabuğu Amasya elmasında bulunmuştur. Antioksidan aktivite analizinde, 2,2-difenil-1-pikrihidrazil (DPPH) radikal söndürücü kapasitesi yöntemi kullanılarak %inhibisyon cinsinden sonuçlar verilmiştir. Fenolik madde miktarı ile antidiyabetik aktivite analiz sonuçlarının birbiriyle benzer sonuçlar göstermesi fenolik bileşiklerin diyabet tedavisinde etkili bir bileşen olabileceği konusunda fikir vermektedir. Araştırma bulguları değerlendirildiğinde Amasya elmasının antidiyabetik ilaçlara alternatif doğal karbonhidrat enzim inhibitörü olarak kullanılabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Antidiyabetik aktivite, elma kabukları,  $\alpha$ -glukosidaz enzim inhibisyonu, tip 2 diyabet

### Determination of the antidiabetic and antioxidant effects of different apple varieties

#### Abstract

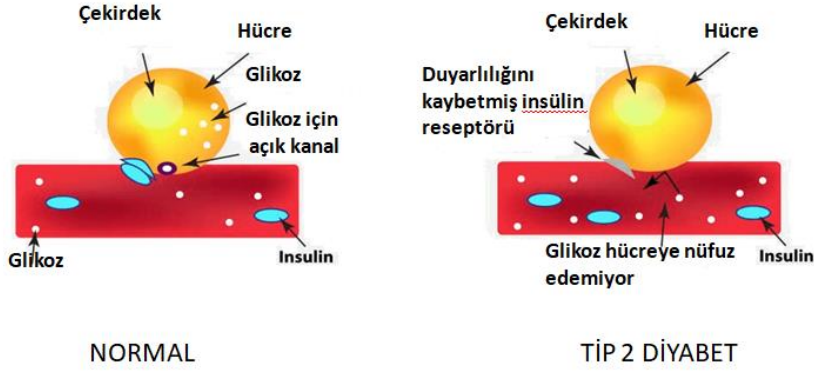
The widespread use of unhealthy nutrition and the deterioration of the diet creates negativities in human metabolism. The number of patients with diabetes is expected to increase rapidly in the coming years due to wrong eating habits and obesity rate. Fruit and vegetable by-products create potential for product development due to the high content of natural bioactive ingredients in their structure. In this study, the total phenolic content, antidiabetic and antioxidant activity analyzes of the peels of 5 different apple varieties (Amasya Apple, Golden Delicious, Granny Smith, Starking Delicious, Fuji) which are widely consumed in our country were determined by spectrophotometric method. According to the analysis results, the highest type of phenolic substance detected in apple peels was Amasya apple. In terms of antioxidant activity, the highest antioxidant activity was found in the Golden Delicious variety, apple peel. According to the antidiabetic activity results, the highest  $\alpha$ -glycosidase inhibition activity was found in Amasya apple. In antioxidant activity analysis, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) using the radical scavenger capacity method, the results are given in terms of % inhibition. The results of the analysis of the amount of phenolic substance and the antidiabetic activity show similar results, suggesting that phenolic compounds can be an effective component in the treatment of diabetes. When the research findings were evaluated, it was seen that the Amasya apple could be used as an alternative natural carbohydrate enzyme inhibitor to antidiabetic drugs.

**Keywords:** Antidiabetic activity, apple peels,  $\alpha$ -glucosidase enzyme inhibitory, type 2 diabetes

### GİRİŞ

Günümüzde beslenmenin ötesinde sağlık üzerinde çok yönlü faydalar sağlayan fonksiyonel gıdaların tüketimine ilişkin farkındalık ve beraberinde bitkisel beslenmeye verilen önem her geçen gün artmaktadır (Noomhorm ve ark., 2014). Diyabet, kan glikozunu normal seviyesine indirmek için yeterli ve etkin insülin hormonunun bulunmaması sonucu ortaya çıkan metabolik hastalık olarak tanımlanmaktadır. Normal metabolizmada gıdalar glikoza dönüşmek üzere bağırsakta parçalanırlar. Daha sonra glikoz bağırsaktan kana geçer ve kandaki şeker düzeyi yükselmeye başlar. Sağlıklı bireylerde kana geçen glikoz pankreasın  $\beta$

hücrelerinden salgılanan insülin hormonu yardımıyla hücrelerin içine taşınır. İnsülin hormonunun etkin kullanılmaması veya vücutta olmaması durumunda şeker hücrenin içine taşınmayacağı için glikoz kanda artarak hiperglisemi (kan şekerinin yükselmesi) oluşmaktadır (Şekil 1). İnsülin eksikliğinin yanında insüline karşı oluşan direnç de diyabet oluşumunda rol oynamakta ve karbonhidrat, lipit ve protein metabolizmalarını etkilemektedir (El, 2016).



Şekil 1. Normal İnsan ve Tip 2 Diyabet Hastalarında Kan Glikozunun Vücuttaki Durumu  
(İnanlı ve Perçin, 2017)

Uluslararası Diyabet Federasyonu (IDF) verilerine göre 2017 yılında 425 milyon diyabetli hasta mevcut iken 2040 yılında bu sayının 642 milyona ulaşacağı öngörülmektedir (IDF, 2017). Tip 2 diyabet tedavisinde kullanılan oral antidiyabetik ilaçların karaciğer ve böbreklerde ciddi toksisite oluşturmaları sebebiyle yeni ilaçların keşfedilmesine yönelik çalışmalar giderek artmaktadır. Fonksiyonel bitkiler ve gıdalar, antidiyabetik etkili yeni ilaçların keşfedilmesi için önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Nikavar, 2008; Galanakis, 2018). Son yıllarda çeşitli gıda kaynaklarında bulunan birçok biyoaktif bileşenin, karbonhidratların sindirimi sırasında görev yapan enzimlerin aktivitesini inhibe ederek gıdanın daha az sindirilmesi ve daha az enerji vermesini sağlayan etkilerin araştırılması diyabetin önlenmesinde yeni yaklaşımlar olarak ele alınmaktadır (Yun, 2010; Simsek ve ark., 2014).

Meyveler ve sebzeler, yüksek antioksidan potansiyeline sahip iyi biyoaktif bileşik kaynaklarıdır ve ana bileşenleri fenolik bileşikler, vitaminler, karotenoidler, likopen ve antosiyaninlerdir (Cai ve ark., 2004). Bitkilerdeki fenolik bileşikler, protein bağlama yeteneklerinden dolayı, sindirim enzimlerinin aktivitelerini kısıtlama özelliği gösterirler. Çeşitli *in vitro* denemeler, birçok bitki polifenolünün karbonhidrat yıkımında görev alan enzimleri inhibe etme özelliğine sahip olduğunu göstermiştir (Akyurt, 2014).

Meyvelerden elde edilen yan ürünler potansiyel biyoaktif bileşik kaynaklarıdır. Elma kabuğunun yüksek seviyelerde flavonol (~%40), askorbat (% 30) ve tiyol (~%11 L-sistein ve %14 glutatyon) içerdiği bildirilmiştir (Lata ve Tomala, 2007). Bitki ve meyvelerde oldukça fazla miktarda bulunan fenolik bileşikler karbonhidrat yıkım enzimlerine karşı gösterdikleri bu inhibisyon aktiviteleri sayesinde; diyabet hastalığında, tokluk kan şekerinin düşürülmesine katkıda bulunmaktadır (Mai ve ark.,2007).

Bu çalışmada ülkemizde yaygın olarak tüketilen 5 farklı elma çeşidi (*Amasya Elması*, *Golden Delicious*, *Granny Smith*, *Starking Delicious*, *Fuji*) kabuklarının; toplam fenolik madde miktarı, antioksidan aktivite (DPPH Yöntemi), antidiyabetik aktivite ( $\alpha$ -glikosidaz enzim inhibisyonu) analizleri spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

### Materyal

Bu çalışmada İzmir ve Manisa bölgesinden satın alınan 5 farklı elma çeşidinin kabukları (*Amasya Elması*, *Golden Delicious*, *Granny Smith*, *Starking Delicious*, *Fuji*) materyal olarak kullanılmıştır. Kullanılacak farklı çeşit elmalardan 1'er kg alınıp kabuklarda kir kalmaması için yıkanmıştır. Yıkanan elmaların kabukları meyve soyacağı ile eşit et kalınlığında soyulmuştur. Soyulan kabukların et kalınlığı kumpas ile ölçülerek ortalama et

kalınlığı belirlenmiştir (ortalama 0,14 cm- 0,17 cm). Elma kabukları çeşitlerine göre ayrı ayrı paketlenip 1 hafta derin dondurucuda (-20°C) muhafaza edilmiştir.

## Metod

### Dondurarak Kurutma

Elma kabuğu örnekleri, liyofilizatör cihazında, alüminyum folyo tepsi içerisinde süblimasyon aşamasında -85°C sıcaklık, 1 mbar basınç altında ardından 24 saat, desorpsiyon aşamasında 0,1 mbar basınç altında 24 saat süreyle belirli nem içeriğine kadar kurutulmuştur.

### Öğütme

Kurutulan elma kabukları, bıçaklı öğütücüde 1 dk boyunca (30 s yavaş, 30 s hızlı) toz haline getirilmiştir. Toz haline getirilen örnekler kilitli ambalaj poşetlere konularak muhafaza edilmiştir.

### Kimyasal Analizler için Ekstraksiyon İşlemi

Elma kabuklarından 5 g alınarak üzerine 50 mL saf su eklendikten sonra 2 sa 37,5°C çalkalamalı su banyosunda (IKA KS 4000i, Almanya) maserasyona tabii tutulmuştur. Sonrasında 5 dk 4000 rpm hızda santrifüjleme işlemi uygulanmıştır. Santrifüjden sonra üst fazlar alınıp balon jodelere aktarıldıktan sonra ekstraksiyon işlemi tamamlanmıştır (Erdoğan, 2014).

### Toplam Fenolik Madde Miktarı

Örneklerden alınan 100 µL miktar üzerine 250 µL 2N Folin-Ciocalteu (1:10 seyreltme) ayırıcı eklenmiştir. 30 s vortekste karıştırıldıktan sonra 1250 µL %7,5 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> çözeltisi ilave edilip 10 s vortekslendikten sonra 1 sa karanlıkta bekletilmiştir. 760 nm dalga boyunda spektrofotometrik yöntemle mikroplaka okuyucu (Thermo Scientific Multiskan Go, Finlandiya) cihazında absorbans okuması yapılmıştır (Rodriguez ve ark., 2015).

### Antioksidan Aktivite Analizi (DPPH Yöntemi)

Ekstrakt örneklerinden alınan 100 µL miktar üzerine 3 mL DPPH çözeltisi eklendikten sonra 15 s vortekste karıştırılıp 30 dk karanlıkta bekletilmiştir. 517 nm dalga boyunda spektrofotometrik yöntemle mikroplaka okuyucu (Thermo Scientific Multiskan Go, Finlandiya) cihazında absorbans okuması yapılmıştır (Brand-Williams ve ark., 1995).

### Antidiyabetik Aktivite Analizi

#### α-Glikosidaz Enzim İnhibisyonu Analizi

Antidiyabetik aktivitelerin ölçümü sonucunda α-glikosidaz enziminin inhibisyon aktivitesi belirlenmiştir. Analiz için 170 µL örnek ekstraktı üzerine 10 µL enzim çözeltisi eklenip 37°C'de 10 saniyede bir çalkalamalı olarak 10 dk inkübasyona tabii tutulmuştur. İnkübasyon sonrasında sindirimi başlatmak için 40 µL PNPG çözeltisi (30 mM) ilave edilmiştir. İşlemler sonrasında 37°C'de 10 saniyede bir çalkalamalı olarak 15 dk inkübasyona bırakılmış ve ardından reaksiyon sonlandırılması için 80 µL 1 M Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eklenmiştir. 400 nm dalga boyunda mikroplaka okuyucuda (Thermo Scientific Multiskan Go, Finlandiya) absorbans okuması yapılmıştır. α-Glikosidaz enzim inhibisyon yüzdesi denklem (1)'e göre hesaplanmıştır (Koh ve ark., 2010; Liu ve ark., 2014).

Örnek- Kör

$$\% \text{ İnhibisyon} = 100 \times \left[ 1 - \frac{\text{Örnek- Kör}}{\text{Kontrol}} \right] \quad (1)$$

### İstatistiksel Analiz Yöntemi

Farklı elma kabuklarına uygulanacak tüm analizler; 2 tekerrür, 2 paralel olacak şekilde uygulanmıştır. Sonuçlar istatistiksel analiz yöntemiyle değerlendirilmek üzere, SPSS 22.0 paket programı kullanılarak yapılmıştır. Tek yönlü varyans analizi ve ardından farklılıkları belirlemek için Duncan çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır. Veriler %95 önem seviyesinde analiz edilmiştir.

## ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

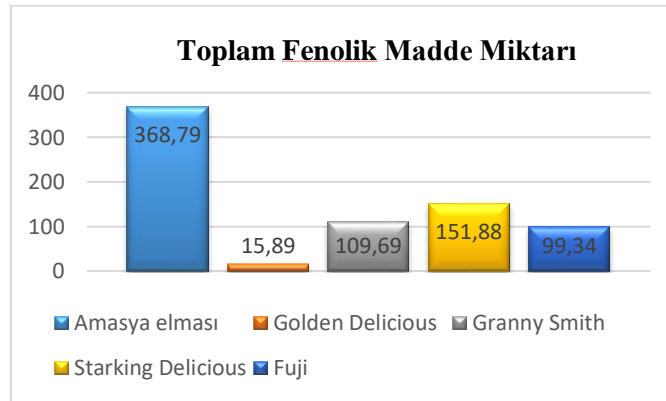
### Toplam Fenolik Madde Analizi

Folin-Ciocalteu ayırıcı ile spektrofotometrik absorbans ölçümü uygulanmıştır. Gallik asit standart kalibrasyon grafiği çizilerek eğim belirlenmiştir ( $y=2,404x+0,014$ ,  $R^2=0,993$ ). Toplam fenolik madde içeriği sonuçları gallik asit eşdeğeri cinsinden (GAE) mg/100 g olarak ifade edilmiştir. Elma kabuğu çeşitlerinin fenolik madde miktarı (mg/100 g) Tablo 1 'de verilmiştir. Fenolik madde konsantrasyonu incelendiğinde, en yüksek Amasya elma kabuğu olup, sırasıyla Fuji, Starking Delicious ve Granny Smith ve Golden Delicious izlemektedir (Şekil 2). SPSS 22.0 paket programı kullanılarak Tek Yönlü Anova Testi ile farklı çeşit elma kabuklarının toplam fenolik madde miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonucunda elma kabukları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ).

**Tablo 1.** Elma kabuğu çeşitlerinin fenolik madde miktarı (mg/100 g)

Elma çeşidi	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg/100 g)
Amasya elması	368,79±2,64 <sup>a</sup>
Golden Delicious	15,89±2,00 <sup>c</sup>
Granny Smith	109,69±0,71 <sup>c</sup>
Starking Delicious	151,88±0,33 <sup>b</sup>
Fuji	99,34±1,36 <sup>d</sup>

\*ort±std sapma



**Şekil 2.** Farklı elma kabuklarının toplam fenolik madde miktarı açısından değerlendirilmesi

### Antioksidan Aktivite Analizi (DPPH Yöntemi)

Elma kabuğu çeşitlerinin %antioksidan aktivitesi değerleri Tablo 2'de yer almaktadır. Antioksidan aktivitesi aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır. %Antioksidan aktivitesi açısından elmalar değerlendirildiğinde, kabuğunda en yüksek antioksidan aktivitesi tespit edilen elma, Golden Delicious olup onu sırasıyla Granny Smith, Fuji, Starking Delicious ve Amasya elması izlemektedir (Şekil 3). SPSS 22.0 paket programı kullanılarak Tek Yönlü Anova Testi ile farklı çeşit elma kabuklarının antioksidan aktivite üzerine etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonucunda elma kabukları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ( $P<0,05$ ).



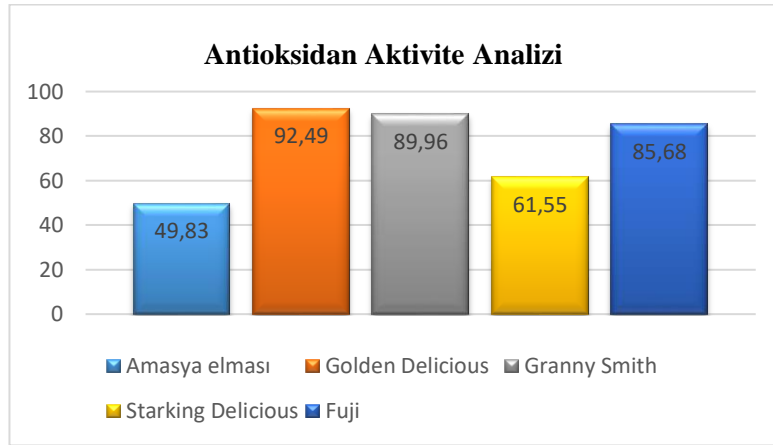
$$\% \text{ Antioksidan aktivitesi} = \left( \frac{A_{kontrol} - A_{\text{örnek}}}{A_{kontrol}} \right) * 100$$

**Tablo 2.** Elma kabuğu çeşitlerinin %antioksidan aktivitesi değerleri

Elma çeşidi	Antioksidan Aktivitesi (% İnhibisyon)
Amasya elması	49,83±3,93 <sup>d</sup>
Golden Delicious	92,49±0,90 <sup>a</sup>
Granny Smith	89,96±1,01 <sup>a,b</sup>
Starking Delicious	61,55±3,06 <sup>c</sup>
Fuji	85,68±1,58 <sup>b</sup>

\*ort±std sapma

\*\*Aynı sütundaki farklı harfler değerler arasında anlamlı farklılık olduğunu göstermektedir.



**Şekil 3.** Farklı elma kabuklarının antioksidan aktivite açısından değerlendirilmesi

### Antidiyabetik Aktivite Analizi

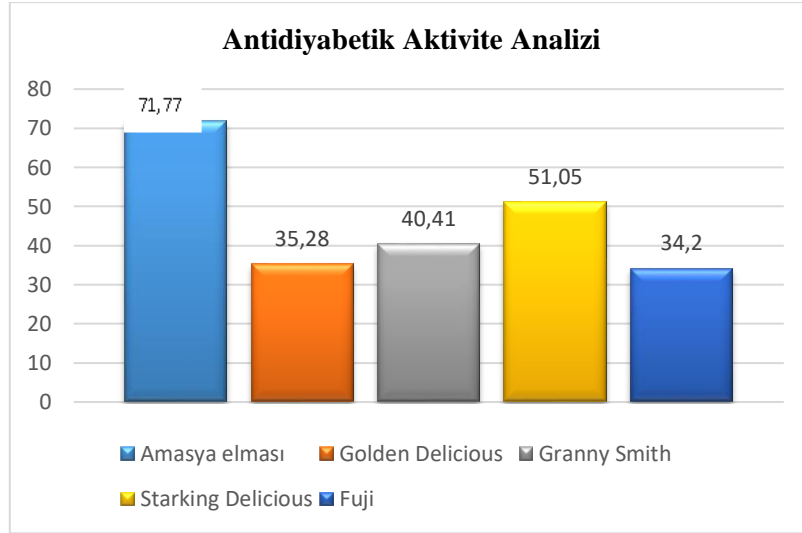
#### $\alpha$ -Glikosidaz Enzim İnhibisyonu Aktivitesi

Elma kabuğu çeşitlerinin %  $\alpha$ -glikosidaz enzim inhibisyonu değerleri Tablo 3'te görülmektedir. Analizde pozitif kontrol olarak akarboz kullanılmıştır. Akarbozun (1 mg/mL)  $\alpha$ -glikosidaz inhibisyon aktivitesi %79,12 olarak tespit edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde,  $\alpha$ -glikosidaz inhibisyon aktivitesi en yüksek Amasya elma kabuğu tespit edilmiştir. Sırasıyla onu Starking Delicious, Granny Smith, Golden Delicious ve Fuji izlemektedir (Şekil 4). SPSS 22.0 paket programı kullanılarak Tek Yönlü Anova Testi ile farklı çeşit elma kabuklarının antidiyabetik aktivite üzerine etkisinin önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Duncan Çoklu Karşılaştırma testi sonucunda elma kabukları arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ( $P < 0,05$ ).

**Tablo 3.** Elma kabuğu çeşitlerinin %  $\alpha$ -glikosidaz enzim inhibisyonu değerleri

Elma çeşidi	$\alpha$ -Glikosidaz Enzim İnhibisyonu (%)
Amasya elması	%71,77 $\pm$ 5,22 <sup>a</sup>
Golden Delicious	%35,28 $\pm$ 0,04 <sup>c</sup>
Granny Smith	%40,41 $\pm$ 1,7 <sup>c</sup>
Starking Delicious	%51,05 $\pm$ 1,77 <sup>b</sup>
Fuji	%34,20 $\pm$ 1,93 <sup>c</sup>

\*ort $\pm$ std sapma



**Şekil 4.** Farklı elma kabuklarının antidiyabetik aktivite açısından değerlendirilmesi

## SONUÇ

Polifenollerin, antioksidan aktiviteleri ile antidiyabetik aktiviteleri arasında pozitif bir ilişki olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmektedir. Tip 2 diyabet hastalarına yönelik yapılacak yeni ürün tasarımlarında,  $\alpha$ -glikosidaz ve  $\alpha$ -amilaz enzim inhibisyonundan sorumlu fenolik bileşikler tespit edilmesi ve bu bileşiklerin izole edilerek gıdalara eklenmesi oldukça faydalı ürünlerin eldesini sağlayacaktır.

Polifenollerin biyoyararlılığı, diğer gıda bileşenleriyle etkileşimleri ve etkin dozlarının belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu etkileşim farklı fenolik kompozisyonları ile farklı gıda matrislerindeki *in vitro* ve *in vivo* biyoyararlılık çalışmalarının gerçekleştirilmesi ile aydınlatılabilecektir. Bu nedenle, insan diyetlerinde biyoyararlılığı iyileştirme amacıyla polifenollerin ve antioksidanların asimilasyonunu sağlayacak yöntem ve modifikasyonlarına bağlı ürün geliştirmelerin planlanması yapılmalı ve artırılmalıdır.

## KAYNAKLAR

Akyurt, B 2014. Ülkemizde Tüketilen Bazı Yenilebilir Yaprakları Antioksidan ve Antidiyabetik Aktivitelerinin Belirlenmesi . Yüksek Lisans Tezi, T.C. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 64 s.

- Brand-Williams, W., Cuvelier, ME., Berset, CLWT 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie -Food science and Technology*, 28(1): 25-30.
- Cai, YZ., Luo, Q., Sun, M., Corke, H 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Science*, 74: 2157–2184.
- El, SN 2016. Gıda Bileşenlerinin Beslenme Açısından Önemi. Ege Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notu, İzmir.
- Erdoğan, S 2010. Elma Posası Tozunun Antioksidan Aktivitesi ile Fenolik Bileşenlerinin Belirlenerek Ekmek Yapımında Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 140 s. (Doktora Tezi).
- Galanakis, CM 2018. Polyphenols: Properties, Recovery and Applications. Woodhead Publishing IDF Diabetes Atlas-8th Edition. (<https://diabetesatlas.org/>). 2017, [19.04.19].
- İnanlı, O., Perçin, P 2017. Kudret Narı Meyvesinin  $\alpha$ -amilaz ve  $\alpha$ -glukosidaz Üzeine İnhibiyon Etkisi. 1. Gıda ve Tıp Kongresi, Ankara. (Sözlü Bildiri)
- Koh, LW., Wong, LL., Loo, YY., Kasapis, S., Huang, D 2010. Evaluation of different teas against starch digestibility by mammalian glycosidases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58:148–154.
- Lata, B., Tomala, K 2007. Apple peel as a contributor to whole fruit quantity of potentially healthful bioactive compounds: cultivar and year implication. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(26):10795–10802.
- Liu, J., Lu, J. F., Kan, J., Wen, XY., Jin, CH 2014. Synthesis, characterization and *in vitro* anti-diabetic activity of catechin grafted inulin. *International journal of biological macromolecules*, 64: 76-83.
- Mai TT., Thu NN., Tien PG., Chuyen NV 2007. Alpha-Glucosidase Inhibitory and Antioxidant Activities of Vietnamese Edible Plants and Their Relationships with Polyphenol Contents. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 53: 267-276.
- Nikavar, B., Abou Alhasani, L., Izadpanah, H 2008.  $\alpha$ -Amylase inhibitory activities of six *Salvia* species.
- Noomhorm, A., Ahmad, I., Anal, A (Eds) 2014. Functional foods and dietary supplements: processing effects and health benefits. John Wiley & Sons.
- Rodriguez, MM., Rodriguez, A., Mascheroni, RH 2015. Color, texture, rehydration ability and phenolic compounds of plums partially osmodehydrated and finish-dried by hot air. *Journal of Food Processing and Preservation*. 39: 2647–2662.
- Simsek, S., El, SN., Kilinc, AK., Karakaya, S 2014. Vegetable and fermented vegetable juices containing germinated seeds and sprouts of lentil and cowpea. *Food Chemistry*, 156:289-295.
- Yun, JW 2010. Possible anti-obesity therapeutics from nature-A review, *Phytochemistry*, 71(14-15): 1625-1641.

## Molecular evidence on the anti-inflammatory effect of *Capparis ovata* water extract (COWE) used in the treatment of multiple sclerosis

Alaattin Sen<sup>\*1,2</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8444-376X>), Ozden Ozgun Acar<sup>\*\*3</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2910-6349>)

<sup>\*1</sup> Abdullah Gul University, Faculty of Life and Natural Sciences, Kayseri, Turkey

<sup>2</sup>Pamukkale University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Biology, Denizli, Turkey

<sup>3</sup>Pamukkale University, Seed Breeding and Genetic Application and Research Centre, Denizli, Turkey

\*Corresponding author e-mail: [sena@agu.edu.tr](mailto:sena@agu.edu.tr); [sena@pau.edu.tr](mailto:sena@pau.edu.tr)

\*\*Co-corresponding author e-mail: [ozdena@pau.edu.tr](mailto:ozdena@pau.edu.tr)

### Abstract

*Capparis ovata* is a member of Capparidaceae family has a wide range of uses as a phytomedicine in the treatment of diseases due to its anti-inflammatory properties. The water extract of *Capparis ovata* (COWE) has been shown to be used as an alternative medicine for the treatment of Multiple sclerosis (MS). Inflammation is a strong physiological response at the cellular and humoral level against infection and tissue damage. It plays a critical role in the initiation and progression of a wide variety of diseases, including cancer, inflammatory and autoimmune diseases such as MS. The nuclear factor kappa B (NF- $\kappa$ B) signalling cascade plays a critical role in the regulation of inflammatory responses. In the present study, the effect mechanisms of COWE on NF- $\kappa$ B activity in LPS induced RAW 264.7 macrophage cells have been researched. Also, the mRNA level of NF- $\kappa$ B gene was determined by qRT-PCR in the human neuroblastoma SH-SY5Y cells. We have determined that both doses of COWE (4 mg/ml and 6 mg/ml) inhibit the LPS induced NF- $\kappa$ B activity significantly. Moreover, we have found out that the COWE significantly inhibited the mRNA expression level of NF- $\kappa$ B gene in the SH-SY5Y cells. These results support that these extract exhibit anti-inflammatory properties, via inhibiting the NF- $\kappa$ B activity in lipopolysaccharide (LPS)-induced RAW264.7 cells. In addition, the suppression of the level of NF- $\kappa$ B mRNA expression in the SH-SY5Y cells is another evidence of its anti-inflammatory effect.

**Keywords:** COWE, NF- $\kappa$ B, multiple sclerosis, inflammation

### INTRODUCTION

Recently there has been an increased consumption of botanical products, particularly in the Western world, where they are often administered in combination with traditional therapeutic drugs. One of these herbal products, which is widely used in our country, is capers. The caper (*Capparis*) is a native Mediterranean plant, and certain species of capers have been cultivated as an economically significant plant. It has been reported that the genus *Capparis* consists of nearly 250 species. *C. ovata* and *C. spinosa* have wide natural distribution in Turkey and are consumed as pickles (called turşu in Turkey) (Davis, 1965). *C. ovata* contain triterpenoids, steroids, fatty acids such as linoleic acid and flavonoids (Gazioglu et al., 2020). Caper flower buds, root bark, and fruits of the plant are used in folk medicine due to their analgesic, anti-inflammatory, anti-diabetic, anti-microbial effects and for the treatment of multiple sclerosis (Panico et al., 2005; Arslan et al., 2010; Argentieri et al., 2012; Sen et al., 2014; Ozgun-Acar et al., 2016a, Ozgun-Acar et al., 2016b).

Inflammation is the defence response of the immune system to invading pathogen-associated molecular patterns, such as lipopolysaccharide (LPS), and virulence factors via toll-like receptors (TLRs) which lead to the activation of NF- $\kappa$ B (Sharif et al., 2007). This activation leads to the induction and production of various immune cells, such as macrophages. The transcription factor NF- $\kappa$ B is a vital regulator of the inflammatory response (Akira et al., 2006; Lawrance, 2009; Hobbs et al., 2018). NF- $\kappa$ B also plays an essential role in inflammatory diseases like rheumatoid arthritis, atherosclerosis, asthma, multiple sclerosis, ulcerative colitis, inflammatory bowel disease (Tak and Firestein, 2001).

The present study aimed to evaluate the anti-inflammatory effects of the lyophilised water extract (COWE) from the combination of flowering buds, flowers and fruits of *Capparis ovata*.

## MATERIAL VE METHOD

### Plant material

*C. ovata* parts (flowering buds, flowers and fruits) were supplied by Asci Murat Capers, Ice Cream, Dessert and Pickle Manufacturing & Export Co., Ltd. Flowering buds, flowers and fruits of *C. ovata* that had been collected from the beginning of May to end of September in Denizli and Burdur (Southern Turkey) in 2012. COWE was prepared by using the *C. ovata* fruits, buds and flower parts (Turkish Patent Institute, PT 2012/04 093).

### Cell culture

The human neuroblastoma cell line SH-SY5Y and macrophage cell line Raw 264.7 were obtained from the American Type Culture Collection (ATCC, USA). The SH-SY5Y cells were cultured in DMEM-F12 supplemented with 10% FBS and 1% penicillin/streptomycin mixture in a humidified atmosphere of 95% air with 5% CO<sub>2</sub> at 37°C and were subcultured twice a week. The DMEM medium was used in the raw cells under the same conditions.

### Cytotoxicity assay

SH-SY5Y cells were seeded in 96-well plates at a density of  $1 \times 10^3$  cells/ml culture medium. After 24-h incubation, the cells were treated with varying concentrations (ranging from 2.5 mg/ml to 20 mg/ml) of COWE. An equal amount of medium without COWE was added to untreated cells (control). COWE treated and control cells were incubated for 24 h at 37°C in humidified 5% CO<sub>2</sub> atmosphere. Following incubation, the medium was replaced by 0.5% crystal violet solution (w/v; in 50% ethanol). Dye absorbed by live cells was extracted with sodium citrate (0.1 M in 50% ethanol). Absorbance was read at 630nm. Viability was expressed as a percentage of the control, untreated cells.

### Reverse transcription-polymerase chain reaction (RT-PCR) and real-time quantitative PCR for gene expression analysis at mRNA level

Real-time PCR was performed as previously optimised (Ozgun-Acar et al., 2016a). Total RNA was extracted from SH-SY5Y cells by using RNeasy plus mini kit (Qiagen) according to the manufacturer's instruction with slight modifications. The RNA concentration was determined using a Nanodrop (MaestroNano micro-volume Spectrophotometer, USA) and the RNA was reverse transcribed using Easy Script cDNA Synthesis Kit (ABM). The reaction mixture was incubated for 50 min at 50°C, followed by termination by heating at 5 min 85 °C. Quantitative Real-Time PCR (qRT-PCR) analysis was performed using SYBR Green qPCR Master Mix (GM, Taiwan) in an Exicycler 96 Real-Time Quantitative Thermal Block PCR System (Bioneer, Daejeon, Korea) for NF-κB gene. Beta-actin gene was used as a control housekeeping gene.

### NF-KB luciferase assay

To evaluate the effect COWE on the transcriptional activity of NF-κB, the mouse macrophage cells (RAW 264.7) were grown in DMEM supplement with 10% FBS and 1% penicillin/streptomycin mixture in a humidified atmosphere of 95% air with 5% CO<sub>2</sub> at 37°C. Raw 264.7 cells ( $1 \times 10^4$ ) were seeded in 96-well plate before transfection. After 24-hour cells were transfected with Fugene HD transfection reagent (Promega) using pGL4.32 [*luc2P/NF-κB-RE/Hygro*] plasmid containing the Renilla gene used for luciferase normalisation. Vector include five copies of an NF-κB response element (NF-κB-RE) that drives transcription of the luciferase reporter gene *luc2P (Photinus pyralis)*. After 24-hour of incubation, cells were stimulated with 2 μg/ml LPS. After another 24-hour incubation, the cells were treated with COWE at doses of either 4 mg/ml or 6 mg/ml. And then luciferase activity was determined by Dual-Glo luciferase Assay System (Promega). Luciferase activities were normalised with Renilla luciferase activities.

### Measurement of nitrite concentration

RAW 264.7 cells at a density of  $8 \times 10^4$  cells/well were plated into a 96-well plate for 24 hours. Then the cells were incubated with 2 μg/ml concentration of LPS for 24 hours. After the incubation period, the cells were treated with COWE as given above, and incubation continued for additional 24-hour. The nitrite levels in LPS-induced macrophage cells were measured according to the Griess method in extracellular supernatants to

investigate the effect of compounds on NO synthesis by the iNOS (inducible nitric oxide synthase). Nitrite concentration was calculated using a standard curve made of sodium nitrate (Schmidt and Kelm, 1996).

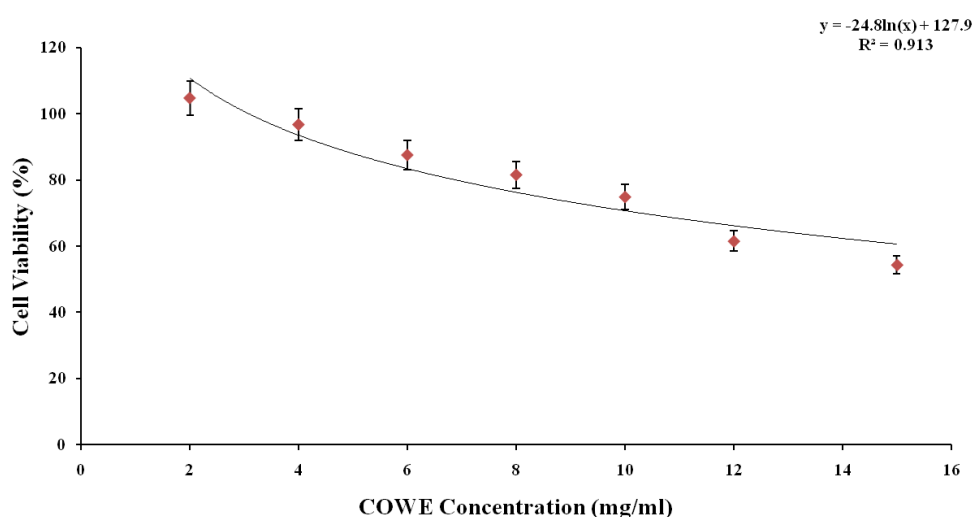
### Statistical analysis

Statistical analyses were performed using the Minitab 13 statistical software package (Minitab Inc. State College, PA, USA). Comparison between groups was performed using Student's t-test, and  $P < 0.05$  was selected as the level required for statistical significance.

## RESULTS

### Effects of COWE on SH-SY5Y cell viability

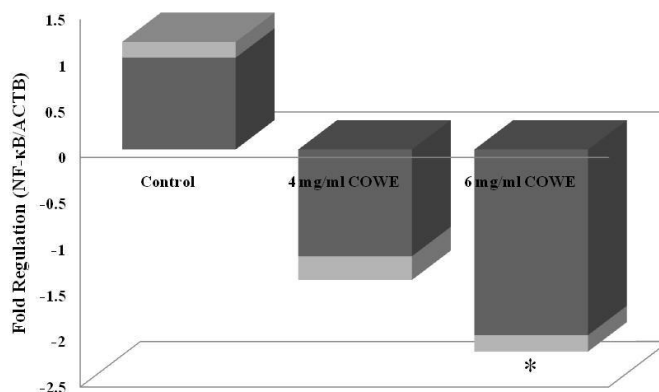
The cytotoxicity of COWE in SH-SY5Y cells was determined by crystal violet cell staining. As shown in Figure 1, COWE treatment revealed a concentration-dependent cytotoxic effect on SH-SY5Y cells in a dose-dependent manner (Figure 1).  $EC_{10}$  and  $EC_{20}$  values for COWE were approximately calculated as 4 mg/ml and 6 mg/ml in SH-SY5Y cells, respectively.



**Figure 1:** Cytotoxicity of COWE on SH-SY5Y cells after 24h. The results are expressed as the means of three independent experiments.

### Effects of COWE on NF- $\kappa$ B gene mRNA level

The effect of COWE on the expression of NF- $\kappa$ B gene was determined in SH-SY5Y cell line. NF- $\kappa$ B gene was significantly decreased with 6 mg/ml COWE treatment in LNCaP cells (Figure 2). The expression level of NF- $\kappa$ B gene was given as fold regulation as normalised relative to control.



**Figure 2.** The expression level of the NF- $\kappa$ B gene at mRNA level in SH-SY5Y cell line treated with  $EC_{10}$  and  $EC_{20}$  doses of COWE. \*Significantly different from the respective control value ( $p < 0.05$ ).

## NF-κB luciferase assay

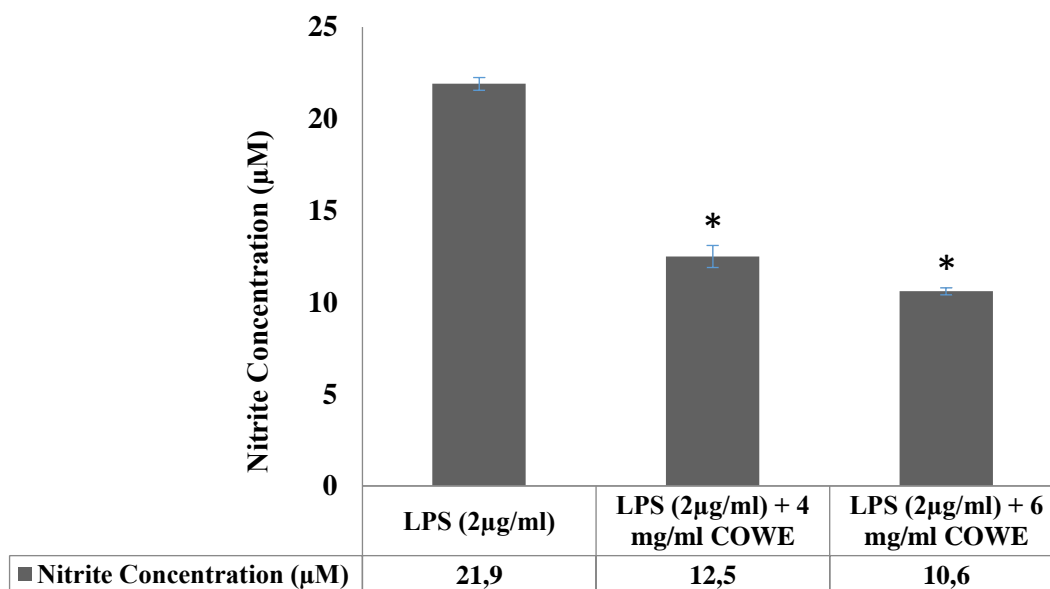
To further confirm the effect of COWE, NF-κB transcriptional activity was measured by the luciferase reporter assay. Luciferase activities were measured. It was found that 2 μg/ml LPS treatment increased the luciferase activity 4.4-fold as compared to control (Table 1). COWE was applied to LPS-induced cells for 24 hours and LPS-dependent induced NF-KB luciferase activity was significantly suppressed.

**Table 1:** NF-κBluciferase activity \* Significantly different from the respective control value ( $p < 0.05$ ).  
☆; Significantly different from the respective LPS value ( $P < 0,05$ ).

	Control	LPS (2μg/ml)	LPS (2μg/ml) + 4 mg/ml COWE	LPS (2μg/ml) + 6 mg/ml COWE
Luminescence (RLU)	18059	79934*	947.5☆	903.5☆

## The effect of LPS and COWE on nitrite levels in Raw 264.7 cells

As a result of the application of COWE, the amount of nitrite measured in the Raw 264.7 macrophage cells was significantly reduced compared to the amount of nitrite measured only in LPS- stimulated cells. These results are shown in Figure 3.



**Figure 3:** Changes in nitrite concentration with application of LPS and COWE. \* Significantly different from the respective LPS value ( $p < 0.05$ ).

## DISCUSSION

Inflammation is a robust physiological response to infection and tissue damage at the cellular and humoral level. It plays a critical role in the initiation and progression processes of a wide variety of diseases (Fujihara et al., 2003). NF-κB is a central regulator of the inflammatory response. NF-κB plays a vital role in the regulation of a wide variety of genes that are important to the inflammatory response, including cytokines, chemokines and adhesion molecules. And data support the critical role of abnormal NF-κB activation, which triggers proinflammatory activities via various aspects, in the pathogenesis of inflammatory disease such as multiple sclerosis (Pai and Thomas 2008; Lawrence 2009; Mitchell et al., 2016). Toll-like receptor (TLR) is also essential in recognition of pathogen molecules such as LPS which lead to activation of many inflammatory pathways (Akira, 2000; Oda and Kitano, 2006).

*Capparis ovata* has a wide range of uses as a phytomedicine in the treatment of diseases such as multiple sclerosis due to antioxidative and anti-inflammatory properties (Ozgun-Acaret et al., 2016). In this study, the

anti-inflammatory effects of COWE (Turkey Patent Institute, 2012/04 093) which was extracted from *Capparis ovata* plant, buds, fruits and flowers was further demonstrated. First, the expression level of NF- $\kappa$ B after COWE treatment in SH-SY5Y neuroblastoma cells was studied. The expression NF- $\kappa$ B was significantly down-regulated with COWE as compared to control. Secondly, the luciferase activity driven by NF- $\kappa$ B was decreased considerably in COWE treated macrophage cells compared to the LPS induced cells. Finally, we observed a significant decrease in nitrite concentration with COWE treatment in LPS-induced cells. It is strongly suggested that the mechanism for the effect of COWE on nitric oxide synthesis might involve the interaction between NF- $\kappa$ B pathway and iNOS (inducible nitric oxide synthase) protein expression. The iNOS promoter contains two binding sites for the NF- $\kappa$ B transcription factor, and NF- $\kappa$ B plays a critical role in LPS-induced iNOS expression (Xie et al., 1994; Sakai et al., 2017; Hobbs et al., 2018). In our study, it was observed that nitric oxide synthesis decreased as a result of COWE-mediated inhibition in NF- $\kappa$ B activity. Results obtained with transfection of RAW 264.7 macrophage cells with NF- $\kappa$ B luciferase reporter plasmid showed that the inhibition of iNOS protein expression is at the level of transcription but further studies are required to clarify this mechanism.

In conclusion, the presented data strongly suggest that COWE is a powerful alternative anti-inflammatory agent that could be used for the treatment of many inflammatory diseases such as multiple sclerosis and ulcerative colitis.

## REFERENCES

- Akira S 2000. Toll-like receptors: lessons from knockout mice. *Biochemical Society Transactions*, 28: 551-556.
- Akira S, Uematsu S, Takeuchi O 2006. Pathogen recognition and innate immunity *Cell*, 124: 783–801.
- Argentieri M, Macchia F, Papadia P, Fanizzi FP, Avato P 2012. Bioactive compounds from *Capparis spinosa* subsp. *prupestris*. *Industrial Crops and Products*, 36(1): 65–69.
- Arslan R, Bektas N, Ozturk Y 2010. Antinociceptive activity of methanol extract of fruits of *Capparis ovata* in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 131(1): 28–32.
- Davis PH 1965. *Flora of Turkey and the east Aegean islands*. Edinburgh University Press.
- Fujihara M, Murog M, Tanamoto K 2003. Molecular mechanisms of macrophage activation and deactivation by lipopolysaccharide: roles of the receptor complex. *Pharmacology and Therapeutics*, 100: 171–194.
- Gazioglu I, Semen S, Ozgun-Acar O, Kolak U, Sen A, Topcu G 2020. Triterpenoids and steroids isolated from Anatolian *Capparis ovata* and their activity on the expression of inflammatory cytokines. *Pharmaceutical Biology*, 58(1): 925-931.
- Hobbs S, Reynoso M, Geddis AV, Mitrophanov AV, Matheny RW 2018. LPS-stimulated NF- $\kappa$ B p65 dynamic response marks the initiation of TNF expression and transition to IL-10 expression in RAW 264.7 macrophages. *Physiological Reports*, 6(21), e13914.
- Lawrence T 2009. The nuclear factor NF- $\kappa$ B pathway in inflammation. *Cold Spring Harbour Perspective Biology*, 1:a001651.
- Mitchell S, Vargas J, Hoffmann A 2016. Signaling via the NF- $\kappa$ B system. *Wiley Interdisciplinary Review Systems Biology and Medicine*, 8: 227–241.
- Oda K, Kitano HA 2006. Comprehensive map of the toll-like receptor signaling network. *Molecular Systems Biology*, 2: 2006.0015.
- Ozgun-Acar O, Celik-Turgut G, Gazioglu I, Kolak U, Ozbal S, Ergur BU, Arslan S, Sen A, Topcu G 2016a. *Capparis ovata* treatment suppresses inflammatory cytokine expression and ameliorates experimental allergic encephalomyelitis model of multiple sclerosis in C57BL/6 mice. *Journal of Neuroimmunology*, 298: 106–116.
- Ozgun-Acar O, Sen A, Topcu G, Gazioglu I, Kolak U, Arslan S 2016b. Beneficial actions of dichloromethane sub-fraction of the COWE extract for multiple sclerosis: a potential therapeutic role. *FEBS Journal*, 283: 358.
- Panico AM, Cardile V, Garufi F, Puglia C, Bonina F, Ronsisvalle G 2005. Protective effect of *Capparis spinosa* on chondrocytes. *Life Sciences*, 77(20): 2479–2488.
- Schmilt H, Kelm M 1996. Determination of nitrite and nitrate by the Griess reaction. In *Methods in Nitric Oxide Research*, 491-497.



- Sen A, Topcu G, Ozgun O, Kolak U, Hacibekiroglu I, Celik G, Arslan S 2014. Anti-neuroinflammatory effect of butanolic subextract of Capparis ovata water extract used as an alternative and complementary treatment for multiple sclerosis. *Journal of Neuroimmunology* 275: 172-173.
- Sharif O, Bolshakov VN, Raines S, Newham P, Perkins ND 2007. Transcriptional profiling of the LPS induced NF- $\kappa$ B response in macrophages. *BMC Immunology*, 8: 1471–2172.
- Tak PP, Firestein GS 2001. NF- $\kappa$ B: A key role in inflammatory diseases. *Journal of Clinical Investigation*, 107: 7–11.
- Xie QW, Kashiwabara Y, Nathan C 1994. Role of transcription factor NF $\kappa$ B/Rel in induction of nitric oxide synthase. *Journal of Biological Chemistry*, 269: 4705-4708.

## Derin öğrenmeyle hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasında başarımla iyileştirme parametrelerinin etkisinin analizi

Elif Özlem Yılmaz\*, Taşkın Kavzoğlu

Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği, Gebze, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: eoymilma@gtu.edu.tr

### Özet

Son yıllarda uzaya gönderilen hiperspektral görüntüleme sistemleri ile periyodik olarak yüksek hacimde veri kaydedilmektedir. Bu verilerin yorumlanması ve analizleri birçok zorluğu da beraberinde getirmektedir. Bu zorlukları gidermek üzere makine öğrenmesinin bir alt kümesi olan derin öğrenme yaklaşımı çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür görüntülerin derin öğrenme yöntemleriyle sınıflandırılması, geleneksel yöntemlere göre daha yüksek doğruluk verdiği rapor edilmiştir. Klasik yöntemlere göre derin öğrenme metotlarına daha az insan faktörü içerdiği için bu yöntem günümüzde popüler hale gelmiştir. Bunların yanında oluşturulan derin öğrenme modelinin de nasıl geliştirilebileceği üzerinde birçok çalışma yapılmaktadır. İdeam parametre tayininde, başarımla iyileştirme parametrelerinin seçimi büyük bir önem arz etmektedir. Yapılan bu çalışmada başarımla iyileştirme parametrelerini iki farklı derin öğrenme ağı oluşturularak Pavia Üniversitesi hiperspektral görüntüsü üzerindeki etkisi araştırılmış ve sırasıyla %92,25 ve %91,25 genel doğruluk elde edilmiştir. Başarımla iyileştirme parametrelerinin sınıflandırma doğruluğu üzerinde anlamlı seviyede etkisi olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Derin öğrenme, Uzaktan algılama, Hiperspektral görüntü, Başarımla iyileştirme.

### Analysis of the effect of regularization parameters in classification of hyperspectral images by deep learning

### Abstract

A large amount of data is acquired with the recently launched satellite-based hyperspectral imaging systems. Analysis of these data brings some difficulties in their analyses and interpretations. For this reason, the deep learning method, which is a subset of the machine learning, has been applied as a solution to these difficulties. It has been reported that the classification of these images with deep learning methods produce higher accuracies compared to conventional ones. The method has become popular due to the requirement of less human interaction. Recent studies have focused on how the use of deep learning model with optimal parametrization. For parametrization, the selection of regularization parameters is of great significance for an ideal deep learning model. In this study, Pavia University hyperspectral image was classified by applying deep learning networks with and without regularization parameters and overall accuracies of 92.25% and 91.25% were estimated, respectively. It was observed that selection of regularization parameters had significant effect on the accuracy of classification results.

**Keywords:** Deep learning, Remote sensing, Hyperspectral image, Regularization.

### 1.GİRİŞ

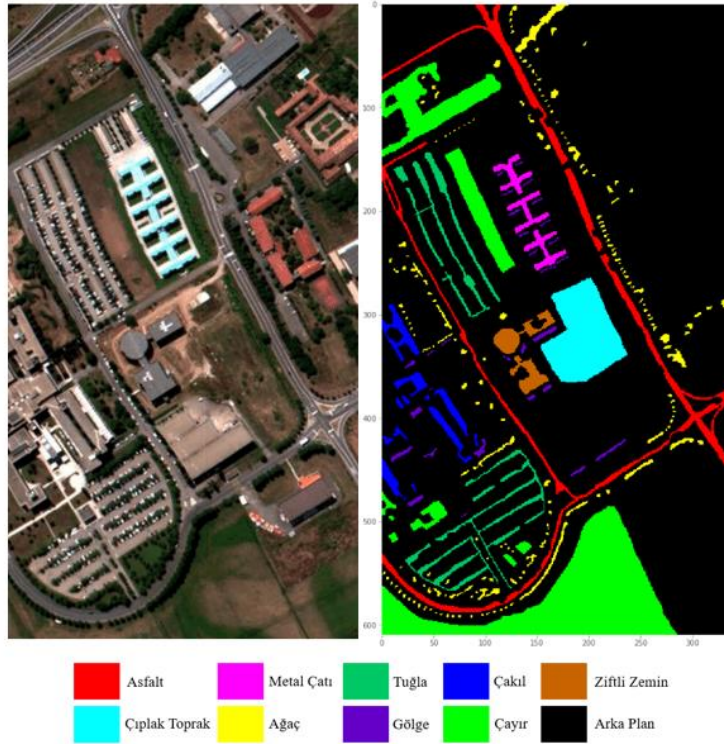
Son dönemde, büyük veri setlerinin analizi ve işlenmesi için popüler hale gelen derin öğrenme tekniği birçok alanda kullanılmaktadır. Bu alanlara, yüz ve ses tanıma, savunma ve güvenlik alanlarındaki çalışmalar, gelecek tahmini ve görüntü işleme (obje tespiti) örnek olarak verilebilir (Charniak, 2019). Büyük veri setlerinin analizi için derin öğrenme metotlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle, uzaktan algılamada büyük veri olarak tabir edilen hiperspektral görüntülerin sınıflandırılmasında işlemler derin öğrenme mimarisi son yıllarda kullanılmaya başlanmıştır (Li ve ark., 2019, Signoroni ve ark., 2019).

Derin öğrenmenin temelinde yapay sinir ağları mevcuttur. Bunu makine öğrenmesinden ayıran en büyük etmen fazla sayıda bilinmeye sahip olması ve bu ağı oluşturan katmanların derine inebilmesidir (Schmidhuber, 2015). Ancak bu ağ mimarisinin ideal bir şekilde kurulabilmesi için birçok parametreye bakılması gerekmektedir ve bu alanla ilgili birçok çalışma halen günümüzde devam etmektedir (Denil, 2013). Literatürde bu parametreler başarımla iyileştirme (regularization parameter) olarak görülmektedir. Başarımla iyileştirme teknikleri, tasarlanan derin öğrenme ağları aşırı öğrenmeyi (overfitting) önleyerek başarıyı arttırmak amacıyla kullanılmaktadır (Kukacka, 2017). Bu tekniklere örnek olarak, düğüm seyreltme katmanı, ortaklama katmanı, L1-L2 başarımla iyileştirme parametreleri verilebilir (Michelucci, 2018).

Kontrollü sınıflandırma yapmak için derin öğrenmede birçok ağ çeşidi mevcuttur. Bunlardan bazıları klasik sinir ağı, evrişimli sinir ağı ve tekrarlayan sinir ağıdır (Mou ve ark., 2017, Guo ve ark., 2017, Howard, 2014). Görüntü sınıflandırma problemini çözmek için birçok derin öğrenme modeli oluşturulmuştur (Chan ve ark., 2015). Bu çalışmada, iki adet derin öğrenme model üretilmiştir. Bu modellerin birbirinden tek farklı birinde başarımlar iyileştirme teknikleri kullanılırken, diğerinde ise bu teknikler kullanılmadan üretilmiştir. Uzaktan algılamada test veri olarak kullanılan Pavia Üniversitesine ait hiperspektral görüntü üzerinde deneysel olarak çalışılmış ve kontrollü sınıflandırılma işlemleri gerçekleştirilmiştir.

## 2.ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETİ

İtalya'nın kuzeyinde bulunan Pavia Üniversitesine ait bu veri seti bilimsel çalışmalarda kullanılmak üzere web ortamında herkese açık olarak sunulduğu için bu bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir (Graña ve ark., n.d.). Pavia verisi, ROSIS sensörü ile algılanmış bir görüntü olup, düzeltilmesi yapıldıktan sonra, 103 adet spektral banttan oluşmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Yer doğrulama veri seti ile çalışma alanının 50- 27- 17 bant kombinasyonu.

Görüntünün boyutları 610 x 340 pikseldir ve geometrik çözünürlüğü 1,3 metredir. Ayrıca bu görüntüye ait 9 adet arazi sınıfı içeren yer doğrulama verisi bulunmaktadır (Graña ve ark., n.d.). Derin öğrenme ile sınıflandırma işlemi, doğruluk analizleri ve tematik harita üretiminde Anaconda'nın Jupyter Notebook'u kullanılarak Python dilinde gerçekleştirilmiştir. Ek olarak korelasyonsuz bileşenlerin seçilmesi için ENVI yazılımı ile temel bileşen analizi yapılmıştır.

## 3. METODOLOJİ

### 3.1. Ön İşleme

Uygulamada kullanılacak veri hiperspektral bir görüntü olduğu için hem işlem hızını ve yükünü azaltmak için hem de korelasyonlu bantları ayıklamak için Temel Bileşen Analizi (TBA) uygulanmıştır. Daha önceden hiperspektral görüntülerle yapılmış çalışmalarda korelasyonsuz verinin bulunduğu ilk bileşenlerden oluşan verisetleri kullanılmıştır (Kavzoğlu ve ark., 2018). Pavia hiperspektral görüntünün bantlarının korelasyonu incelendiğinde ilk 30 bileşenin tüm verisetinin yaklaşık %99'unu temsil ettiği görülmüştür. Bu amaç için, Python yazılım dilinin bir kütüphanesi olan Scikit-learn'e ait TBA algoritması uygulanmıştır (Scikit-learn, n.d.).

### 3.2. Eğitim, Test ve Doğrulama Verilerinin Üretilmesi

Pavia veri setinde 42.776 adet pikselden oluşan 9 adet arazi sınıfı bulunmaktadır. Bu arazi sınıflarının bir kısmı asfalt, çakıl, bloklu tuğla gibi geçirimsiz yüzeye sahip iken ağaç, toprak, çim gibi sınıflar ise vejetasyon yüzey olarak gruplandırılır. Tablo 1’de tüm bu sınıflara ait örneklem sayısı verilmiştir. Bu sınıflara ait piksellerin eğitim, test ve doğrulama verisi için ayrıştırılması gerekmektedir. Hem arazi sınıflarına ait minimum piksel sayısı göz önüne alınarak hem de objektif bir değerlendirme için her sınıftan rastgele olacak şekilde 663 adet piksel eğitim seti, 95 adet piksel test seti ve 190 adet piksel ise üretilen tematik haritayı kontrol etmek yani doğrulama seti için seçilmiştir.

**Tablo 1.** Arazi Referans Verisi Örneklem Sayısı

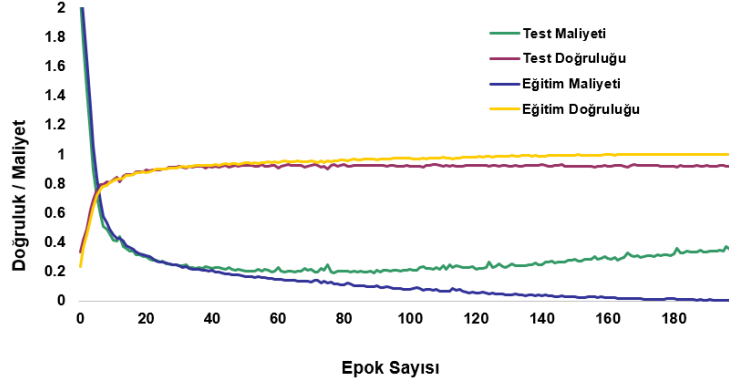
Sınıf	Örneklem Sayısı
Asfalt	6.631
Çayır	18.649
Çakıl	2.099
Ağaç	3.064
Metal Çatı	1.345
Çıplak Torak	5.029
Ziftli Zemin	1.330
Tuğla	3.682
Gölge	947

### 3.3. Derin Öğrenme Modelinin Oluşturulması

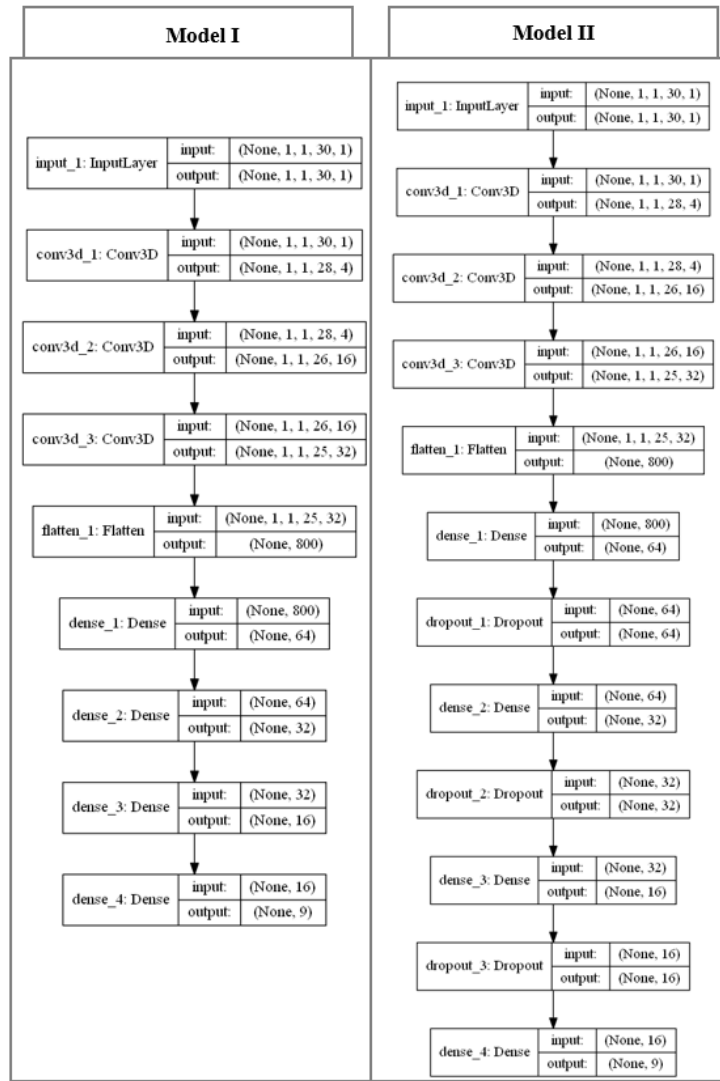
Piksel tabanlı yaklaşım kullanılacağı için çalışmadaki veri seti 1x1’lik görüntü parçacığı (patch) kullanabilen bir model oluşturulmuştur. Pavia görüntüsü, hiperspektral özelliğe sahip olduğu için veri kaybını engellemek amacıyla uygulamada 3 boyutlu Evrişimsel Sinir Ağları kullanılarak iki adet öğrenme modeli üretilmiştir. Oluşturulan her iki aşda da evrişim katman (convolution layer), düzleştirme katmanı (flatten layer), yoğunlaştırma katmanı (dense layer) ve Adam optimizasyonu kullanılmıştır. Bunların yanında çalışmada modelin öğrenme hızı 0,005 olarak seçilmiştir. Maliyet fonksiyonu içinde Kategorik Çapraz Entropi (Categorical Cross Entropy) yöntemi kullanılmıştır (Keras,n.d. a)Öğrenme işlemi 200 epok ile tamamlanmıştır. Ancak oluşturulan bu ağın eğitimi sırasında aşırı öğrenme yaşadığı görülmüştür.

Şekil 3’te derin öğrenme modelinin eğitimi sırasında epok sayısına bağlı olarak değişen test ve eğitim setinin doğruluk/maliyet arasındaki ilişki gösterilmiştir. Çünkü epok sayısına bağlı olarak eğitim maliyetinin azalırken, test maliyetinin arttığı görülmüştür (Şekil 2). Bu nedenle, oluşturulan ikinci aşda aşırı öğrenmeyi engellemek amacıyla 3 adet düğüm seyreltme katmanı (droupout layer) ve 2 farklı değerde (ilk L2 parametresinde 0.001, ikincisinde ise 0.1) L2 kernel parametreleri kullanılmıştır (Şekil 3). Düğüm seyreltme oranı tüm katmanlarda 0,2 seçilmiştir ve L2 kernel parametresi Geliştirilen model yeniden eğitime sokulduğunda epok sayısına bağlı olarak maliyet fonksiyonlarının sonuçları değerlendirildiğinde aşırı öğrenmenin olabildiğince engellenebildiği söylenebilir (Şekil 4).

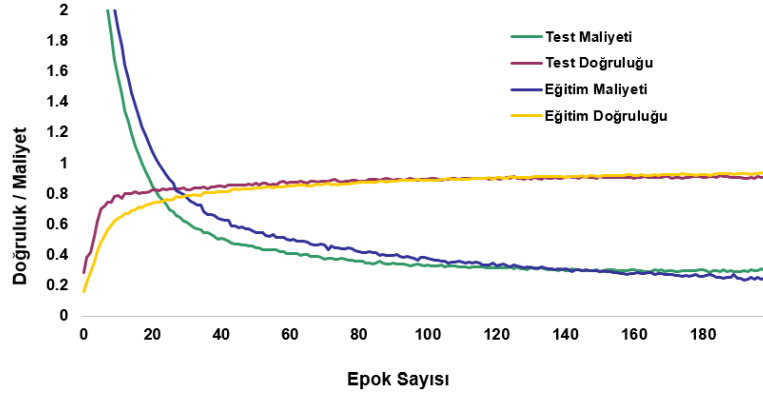
Her iki model içindeki parametre sayısı 55.305 adettir ve tüm bu parametreler eğitim amaçlı kullanılmıştır. Ayrıca, modeller içinde Düzeltilmiş Doğrusal Birim (Rectified Linear Unit) ve Softmax Etkinleşme (Activation) fonksiyonları kullanılmıştır (Keras,n.d. b). İki derin öğrenme modelinin ilk giriş katmanının ikinci ve üçüncü değerleri görüntü parçacıklarının, dördüncü parametre bant sayısını, beşinci parametre ise evrişim katmanındaki filtre sayısını ifade etmektedir.



Şekil 2. Başarım iyileştirme teknikleri kullanılmadan üretilmiş derin öğrenme modelinin test ve eğitim veri setinin maliyet/doğruluğu.



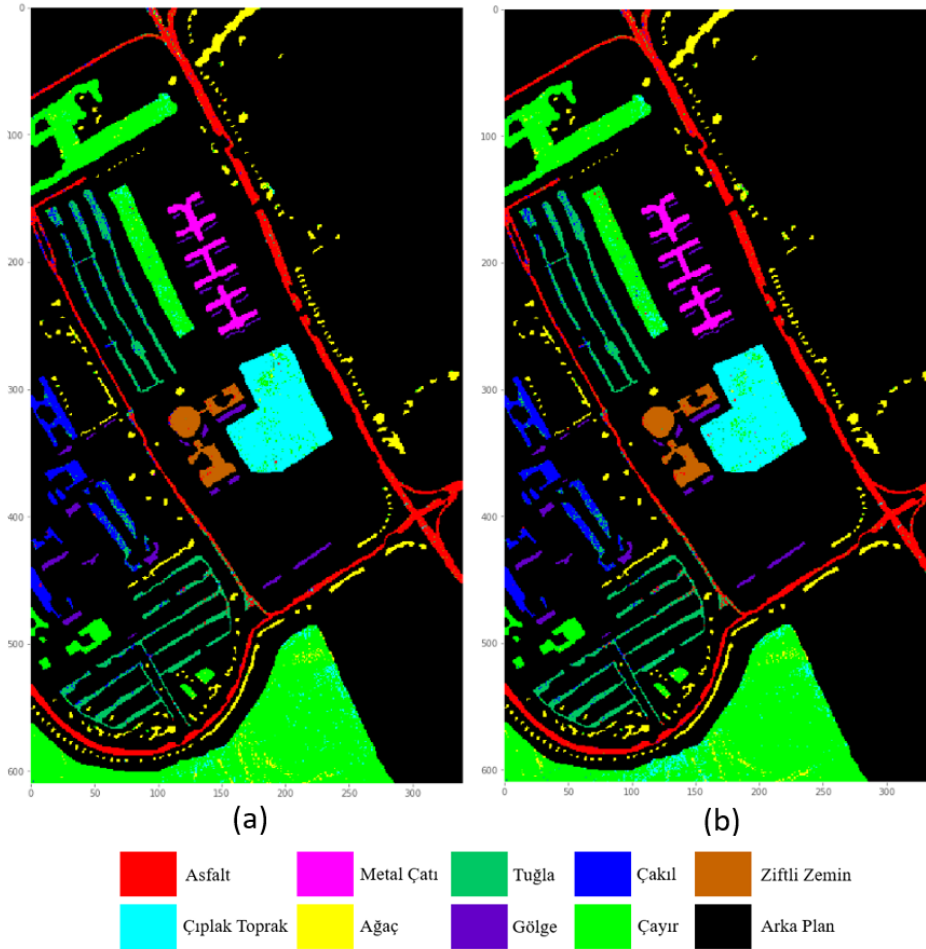
Şekil 3. Oluşturulan derin öğrenme modelleri. Başarım iyileştirme kullanılmadan (soldaki) ve başarım iyileştirme kullanılan (sağdaki).



Şekil 4. Başarım iyileştirme teknikleri kullanılarak üretilmiş derin öğrenme modelinin test ve eğitim veri setinin maliyet/doğruluğu.

### 3.4. Sınıflandırma Sonuçları

Başarım iyileştirme teknikleri kullanılarak üretilmiş ve bu teknikler kullanılmadan üretilmiş derin öğrenme modelleri tüm veri setine uygulanarak görüntüye ilişkin 9 arazi örtüsünü temsil eden iki adet tematik harita üretilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Pavia görüntüsünün sınıflandırma sonucunda üretilen tematik haritalar. (a) Başarım iyileştirme teknikleri ile üretilmiş derin öğrenme modelden üretilmiş tematik harita. (b) Başarım iyileştirme teknikleri kullanılmamış derin öğrenme modelinden üretilmiş tematik harita.

Sınıflandırma sonucu oluşturulan tematik haritanın doğruluğunu analiz etmek için doğrulama veri seti kullanılarak hata matrisi üretilmiştir. Başarım iyileştirme teknikleri ile üretilen tematik harita için genel doğruluk %92,25, kappa doğruluğu %91,28 iken diğer harita için genel doğruluk %91,25, kappa doğruluğu

ise %90,16 hesaplanmıştır ve sınıf bazlı değerlendirme yapmak için üretici ve kullanıcı doğrulukların harmonik ortalaması ile türetilen F-skor doğrulukları iki harita için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Başarım iyileştirme ile üretilen modelden oluşturulmuş haritada, Tablo 2'e göre F-skor doğruluğu en yüksek olan sınıflar gölge ve boyalı metal arazi sınıflarına aittir. Bunun yanında en düşük doğruluğa sahip sınıflar ise tuğla ve çakıl sınıflarıdır. Hata matrisine bakıldığında, F-skor doğruluğu düşük olan sınıfların az da olsa birbirleri ile benzer spektral özelliklere sahip olduklarını için doğrulukları daha düşük olduğu söylenebilir. İlk üretilen model kullanılarak oluşturulan haritada F-skor değeri en yüksek olan sınıflar diğer modelde de olduğu gibi, metal levha ve gölge sınıfıdır. En düşük sınıflar ise, tuğla ve asfalt sınıfına aittir. İki tematik harita değerlendirildiğinde, çayır sınıfının doğruluğunun en fazla değişimi (~%5) gösteren sınıf olduğu tespit edilmiştir. Bu sınıfın çıplak toprak ve ağaç sınıfı ile karıştığı görülmektedir.

**Tablo 2.** Arazi Sınıflarının F-Skor Doğruluk Değerleri

Arazi Sınıfı	II. Derin öğrenme modeli ile	I. Derin öğrenme modeli ile
Asfalt	0,88	0,86
Çayır	0,93	0,88
Çakıl	0,84	0,87
Ağaç	0,98	0,94
Metal Çatı	1,00	1,00
Çıplak Torak	0,95	0,93
Ziftli Zemin	0,93	0,92
Tuğla	0,80	0,82
Gölge	1,00	1,00

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel olarak yapılan çalışmada başarımla iyileştirme tekniklerinin modele ve öğrenmeye olan etkilerini incelemek için iki farklı derin öğrenme modeli oluşturularak uzaktan algılanmış bir hiperspektral görüntünün nasıl sınıflandırılacağı deneysel olarak incelenmiştir. Derin öğrenme algoritmalarını kullanılan çalışmalarda, karşılaşılan en yaygın problem optimizasyon ve modelin öğrenmesi için kullanılacak olan parametrelerin seçimi olduğunu görülmektedir. Bunun en büyük sebebi ise öğrenme esnasında modellerin ürettiği tahminleri gizli katmanlarında gerçekleştirir ve arka planda hangi hesaplamaların olduğu bilinmeden, sonuç ürününü çıktı olarak verir. Kısacası derin öğrenme metotları aynı bir kara kutu olarak davranmaktadır. Modelin karmaşıklığı arttıkça istenilen yüksek sonuçlara ulaşılabilirken, bunun tam tersinin de gerçekleştiği görülmektedir. Çalışmanın devamı olarak derin öğrenmenin en büyük problemleri olan optimizasyon parametrelerinin seçimi ve ağ yapısının genelleştirme özelliği için en küçük olacak şekilde yapılandırılmasının doğruluk üzerindeki etkileri araştırılacaktır.

#### KAYNAKLAR

- Chan TK, Gao S, Lu J, Zeng Z, Ma L 2015. PCANET: a simple deep learning baseline for image classification. *IEEE Transactions on Image Processing*, 24(12): 5017-5032.
- Charniak E. 2019. Introduction to deep learning. Cambridge, Massachusetts; London, England: The MIT Press.
- Denil M, Shakibi B, Dinh L, Ranzato M, Freitas N 2013. Predicting parameters in deep learning. *Advance in Neurol Information Processing Systems 26*, pp. 1-9.
- Graña M, Veganzons MA, Ayerdi B. Hyperspectral remote sensing scenes. *Hyperspectral Remote Sensing Scenes - Grupo de Inteligencia Computacional*. [Online]. Available: [http://www.ehu.es/ccwintco/index.php/Hyperspectral\\_Remote\\_Sensing\\_Scenes#Pavia\\_University\\_scene](http://www.ehu.es/ccwintco/index.php/Hyperspectral_Remote_Sensing_Scenes#Pavia_University_scene). [Accessed: 20-Jan-2020].
- Guo T, Dong J, Li H, Gao Y 2017. Simple convolutional neural network on image classification. *IEEE 2nd International Conference on Big Data Analysis, Beijing*, pp. 721-724.

- Howard AG 2014. Some improvement on deep convolutional neural network-based image classification. *2<sup>nd</sup> International Conference on Learning Representations, ICLR 2014 - Conf. Track Proc.*
- Kavzoglu T, Tonbul H, Yildiz EM, Colkesen, I 2018. Dimensionality reduction and classification of hyperspectral images using object-based image analysis. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(8): 1297-1306.
- Keras (a) n.d. Losses - *Keras Documentation*. [Online]. Available: <https://keras.io/losses/>. [Accessed: 20-Jan-2020].
- Keras (b) n.d. Activations - *Keras Documentation*. [Online]. Available: <https://keras.io/activations/>. [Accessed: 20-Jan-2020].
- Kukacka J, Golkov V, Cremers D 2017. Regularization for deep learning: a taxonomy.
- Li S, Song W, Fang L, Chen Y, Ghamisi P, Benediktsson, JA 2019. "Deep learning for hyperspectral image classification: an overview", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57 (9) : 6690-6709.
- Michelucci U 2018. Regularization. *Applied Deep Learning*, pp. 185–216.
- Mou L, Ghamisi P, Zhu XX 2017. Deep recurrent neural networks for hyperspectral image classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 55: 3639-3655.
- Scikit-learn, n.d. "sklearn.decomposition.PCA" *scikit*. [Online]. Available: <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.decomposition.PCA.html>. [Accessed: 20-Jan-2020].
- Schmidhuber J 2015. Deep learning in neural networks: an overview. *Neural Networks*, 61:85–117.
- Signoroni A, Savardi M, Baronio A, Benini S 2019. *Deep learning meets hyperspectral image analysis: a multidisciplinary review*. *Journal of Imaging*, 5(5): 52.



## Gübre fabrikasında 5x5 L Tipi Matris Metoduyla Risk Analizi

Zehra Gülten Yalçın<sup>1\*</sup>, Mustafa Dağ<sup>1</sup>, Ercan Aydoğmuş<sup>2</sup>

<sup>\*1</sup> Karatekin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çankırı, Türkiye

<sup>2</sup>Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Fakülte, Kimya Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail:zaltin@karatekin.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, bir gübre fabrikasında 5x5 L Tipi Matris yöntemi kullanılarak risk değerlendirme analizi yapılmıştır. Bu amaçla bir anket tasarlanmış ve fabrika sorumlusuna verilmiştir. Fabrikada risk skor tablo matrisi yardımıyla öncelikli alanlar belirlenmiştir. Belirlenmiş olan alanlar için gerekli önlemler tespit edilmiştir. 5x5 L Tipi Matris yönteminde katlanılmaz risk değeri 25 puan iken önemli risk değerlerinin 15-20 puanları arasında, orta düzeydeki risk değerlerinin 8-12 puanları arasında olduğu görülmektedir. Gübre fabrikasında yapılan risk analizi çalışmasında 8-15 puan aralıkları arasında değerler elde edilmiştir. Bu da risk değerinin önemli risk değeri ile orta düzeydeki risk değeri arasında bulunduğunu göstermiştir. Bu risk durumuna göre önlemler alınmıştır. Bu önlemler ile baştaki değerler önemsiz risk değerleri durumuna getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Gübre fabrikası, risk analizi, L tipi karar matrisi

### Risk analysis in fertilizer plant using 5x5 L type matrix method.

### Abstract

In this study, a risk assessment analysis was performed using the 5x5 L type matrix method in a fertilizer plant. For this purpose, a survey was designed and given to the factory manager. Priority areas were identified with the help of the risk scoreboard matrix at the factory. The necessary measures have been determined for the designated areas. In the 5x5 L type matrix method, it is observed that the irresistible risk value is 25 points while the significant risk values are between 15-20 points and the intermediate risk values are between 8-12 points. In the risk analysis study conducted at the fertilizer plant, values between 8-15 points were obtained. This shows that the risk value is between the significant risk value and the intermediate risk value. Measures were taken according to this risk situation. With these measures, the initial values are treated as insignificant risk values.

**Keywords:** Fertilizer plant, risk analysis, L type decision matrix

### GİRİŞ

Sanayi alanında gelişmiş ülkelerde risk analizleri uygulamaları uzun yıllar kullanılmaktadır. Hayatımıza yasalara uyma zorunluluğundan dolayı girdiği için risk analizinde en kolay öğrenilebilen ve öğretilebilen analiz yöntemleri daha çok tercih edilmektedir. Uygulama alanı kolaylığından ve pratikliğinden dolayı en çok yaygın olan analiz yöntemi L Tipi Karar Matrisi (LTM) olmuştur. Sistem güvenlik program gereksinimlerini karşılamak amacıyla risk değerlendirme karar matrisi geliştirilmiştir. Matris diyagramları iki ya da daha fazla değişkenden oluşur ve bu değişkenler arasındaki ilişkiyi analiz eder (Ölçücü H, Ersöz Kaya İ 2019). LTM yönteminde ya da diğer adıyla 5x5 Matris diyagramında tehlikelerin oluşma olasılığı ile tehlikeden kaynaklı zararların arasındaki ilişki analiz edilir. Metodun kolay oluşu, tek kişi tarafından uygulanabilecek kadar pratik olması onun yaygınlaşmasının ana sebeplerindedir. Metodun kendine ait dezavantajları bulunmaktadır. Analistin deneyiminin önemli olması, birden çok akım şeması olan durumlarda yeterli olmaması, acil durum gerektiren koşullarda kullanılması dezavantajları olarak sayılabilir (Bayraktar H ve ark., 2019).

### MATERYAL VE METOD

Yöntemde analistlerin yaptıkları incelemeler sonrasında veriler LTM risk değerlendirme formuna işlenir (Tablo 1). Yöntemin olasılık değişkeni için tehlikelerin oluşma olasılıkları sırasıyla küçükten büyüğe doğru olacak şekilde 1'den 5'e kadar puanlanır (Tablo 2). Şiddet değişkeni için tehlike zararları hafiften çok ciddiye kadar sıralanacak şekilde 1'den 5'e kadar puanlanır (Tablo 3). Aşağıda formülde verildiği gibi her iki puanın çarpılmasıyla elde edilen değerler risk skoru puanı olarak risk skor matrisi tablosuna yerleştirilir (Tablo 4).

Elde edilen skor değerleri sonucun kabul edilebilirlik değerleri (SKED) tablosundaki (Tablo 5) karşılıklarına göre alınacak önlemlere karar verilir (Koltan A. ve ark., 2010). Çalışmada yapılan risk analizleri ve hesaplamaları tablo şeklinde Ek 1’de verilmiştir.

Skor değeri için kullanılan formül aşağıdaki gibidir (Ölçücü H ve Ersöz Kaya İ 2019)

$$SD=O \times \mathring{S} \quad (1)$$

SD: skor değeri

O: olasılık değeri

$\mathring{S}$ : şiddet değeri

Tablo 1: LTM Risk Değerlendirme Formu

Tarih:	L Tipi Matris Risk Değerlendirme Formu						Değerlendirme No	
Sistem:							Düzenleyen	
Alt Sistem:							Revizyon No	
Dizayn Rehberi:							Revizyon Tarihi	
Tehlike	Kimler Etkilenebilir	Sonuç	Olasılık	Şiddet	Risk Skoru	Etkin Kontrol Var mı?	Önlem	

Tablo 2: Olasılık Derecelendirme

Puan	Olasılık	Derecelendirme
1	Çok küçük	Hemen hemen hiç
2	Küçük	Çok az (yılda bir kez)
3	Orta	Az (yılda birkaç kez)
4	Yüksek	Sıklıkla (ayda bir kez)
5	Çok yüksek	Çok sıklıkla (hafta bir kez, her gün)

Tablo 3: Şiddet Derecelendirme

Puan	Sonuç	Derecelendirme
1	Çok hafif	İş saati kaybı yok
2	Hafif	İş günü kaybı yok
3	Orta	Hafif yaralanma
4	Ciddi	Ciddi yaralanma
5	Çok ciddi	Ölüm

Tablo 4: Risk Skor Tablo Matrisi

Olasılık	1(Çok hafif)	2(Hafif)	3(Orta)	4(Ciddi )	5(Çok ciddi)
1(Çok küçük)	1(Anlamsız)	2(Düşük)	3(Düşük)	4(Düşük)	5(Düşük)
2(Küçük)	2(Düşük)	4(Düşük)	6(Düşük)	8(Orta)	10(Orta)
3(Orta)	3(Düşük)	6(Düşük)	9(Orta)	12(Orta)	15(Yüksek)
4(Yüksek)	4(Düşük)	8(Orta)	12(Orta)	16(Yüksek)	20(Yüksek)
5(Çok yüksek)	5(Düşük)	10(Orta)	15(Yüksek)	20(Yüksek)	25(Tolere edilemez)

Tablo 5. Sonucun Kabul Edilebilirlik Değerleri (Bayraktar H ve ark., 2019)

Sonuç	Eylem
Katlanılamaz Riskler (25)	Belirlenen risk kabul edilebilir seviyeye indirilinceye kadar iş başlatılmamalı, devam eden faaliyet durdurulmalı. Eğer uygulanan önlemlere rağmen risk durdurulmuyorsa faaliyet engellenmelidir.
Önemli Riskler (15, 16, 20)	Belirlenen risk azaltılıncaya kadar iş başlatılmamalı veya devam eden faaliyet durdurulmalı. Risk işin devamı ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve alınan önlemlere göre faaliyetin devamına kadar verilmeli
Orta Düzeydeki Riskler (8, 9, 10, 12)	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalı. Risk azaltma yöntemleri zaman alabilir.
Katlanabilir Riskler (2, 3, 4, 5, 6)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave önlemlere ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut önlemler sürdürülmeli ve denetim devam etmeli.
Önemsiz Riskler (1)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol prosesleri planlamaya ihtiyaç olmayabilir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada, gübre fabrikasının çeşitli birimlerinde 5x5 L Tipi Matris yöntemi kullanılarak risk değerlendirme çalışması yapılmıştır. Bunun için fabrikanın fizibilitesi çıkarılmış, risk önceliği yüksek olan cihaz ve alanlar belirlenmiştir. Gübre fabrikasında yapılan risk analizi çalışmasında 8-15 puan aralıkları arasında değerler elde edilmiştir (Tablo 5). Bu da risk değerinin önemli risk değeri ile orta düzeydeki risk değeri arasında bulunduğunu göstermiştir. Bu risk analizine göre tehlikeli alanlarda kullanılan risk değeri yüksek olan materyaller; şartel panosu, kompresör, karıştırıcı tank, sıvı tank, elektrik panoları, forklift, elektrik panoları ve üretim alanıdır. Bu birimler ve araçlarda belirlenen riskler ise şu şekilde söylenebilir; elektrik çarpması, maddi zarar, yaralanma, ölüm, patlama, sızıntı, iş kazası, gaz kaçağı sonucu yangın veya patlama, astım gibi solunum yolu hastalıklarının meydana gelmesidir. Bu birimlerde 5x5 L Tipi Matris yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılarak gerekli tedbir ve önlemlerin alınması ve gerekli düzenlemelerin yapılması sağlanmıştır.

## SONUÇ

Gübre fabrikasında üretim yapılan değişik birimlerde risk teşkil eden yerler tespit edilmiştir. Kullanılan cihazlarda öncelikli risk teşkil eden birimlerde önleyici çalışmalar yapılmıştır. Özellikle, ana ve tali şartel panolarına elektrik çarpmasını önlemek için kaçak akım rölesi takılması, işyeri bina ve eklentilerinde alınacak sağlık ve güvenlik önlemleri hakkında yönetmeliklere uymak, zeminde biriken kimyasalların düzenli olarak temizlenmesi ve gerekli yönetmeliğe uygun olarak bertaraf edilmesi, karıştırıcı tankların temizliği sırasında iş kazası yaşanmaması için gerekli uyarı levhalarının asılması ve gerekli yönetmeliğe uyulması, gaz kaçaklarını önlemek için belirli periyotlarda kontrol ve değişim yapılması, üretim esnasında gerekli koruyucu ekipmanların kullanılması, personelin her birim için iş sağlığı güvenliği kurallarına göre eğitilmesi ve düzenli periyotlarla eğitim seminerler yapılmıştır. Bu önlemler ile başta yüksek risk olan yerler 8-15 puan değerler önemsiz risk değerleri durumuna indirilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Bayraktar H, Sahtiyancı E, Kuru A 2019. Risk Değerlendirme Matris Yöntemi Kullanarak Okullarda Deprem Kaynaklı Yapısal Olmayan Risklerin Olası Etkilerinin Belirlenmesi. Afet ve Risk Dergisi.; 2(2): 128-152.
- Ölçücü H, Ersöz Kaya, İ 2019. Tehlikeli Atık Bertaraf Tesislerinde Meslek Hastalığı ve Biyolojik Faktörler Açısından Risk Değerlendirmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (17), 1375-1382.
- Koltan A. ve ark., 2010. Risk Değerlendirmede Kullanılan L Tipi Karar Matrisi Yönteminin İşçi Sağlığına Uygunluğunun Değerlendirilmesi, Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 38-43.

Ek 1 Gübre fabrikası için risk analizi ve hesaplamaları

Faaliyet Alanı	Tehlike	Riskler	Mevcut Önlem	Maruz Kalanlar	RİSK BİLEŞENLERİ			Alınması Gereken Düzeltici ve Önleyici Kontrol Tedbirleri / Mevzuat
					Olasılık	Şiddet	Risk	
ŞARTEL PANOSU	ELEKTRİK ÇARPMASI	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	3	5	15	ANA VE TALİ ŞARTEL PANOLARINA ELEKTRİK ÇARPMASINI ÖNLEMELİK İÇİN 30 mA'LIK KAÇAK AKIM RÖLESİ TAKILMALIDIR. İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK, ELEKTRİK KUVVETLİ AKIM TESİSLERİ YÖNETMELİĞİ
ÇALIŞMA ALANI	HASTALIK	SAĞLIK KAYBI	-	PERSONEL	4	3	12	ZEMİNDE BİRİKEN KİMYASALLARIN MESLEK HASTALIĞINA SEBEBİYET OLMAMASI İÇİN ZEMİN DÜZENLİ OLARAK TEMİZLENMELİDİR. İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK,
KOMPRESÖR	PATLAMA	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	KOMPRESÖR PERİYODİK KONTROLLERİ YETKİLİ KİŞİ VEYA KURULUŞLAR TARAFINDAN YILLIK OLARAK YAPILMALI, UYGUNLUK RAPORU ALINMALI, İŞ EKİPMANLARININ KULLANIMINDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
ÇIKIŞ MERDİVENİ	KAYMA DÜŞME	YARALANMA	-	PERSONEL	2	3	6	TANK'A ÇIKIŞ VE İNİŞ TE KAYMA DÜŞME YAŞANMAMASI İÇİN MERDİVEN KENARINA ÇİFT YÖNLÜ KORKULUK YAPILMALI İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK, ELEKTRİK KUVVETLİ AKIM TESİSLERİ YÖNETMELİĞİ
KARIŞTIRICI TANK	İŞ KAZASI	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	KARIŞTIRICI TANKLARIN TEMİZLİĞİ SIRASINDA İŞ KAZASI YAŞANMAMASI İÇİN TANK DIŞINA UYARI LEVHASI ASILMALI, TANK ELEKTRİK BAĞLANTISI KEŞİLMELİ, İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK,
SIVI TANKLARI	SIZINTI	MADDİ ZARAR	-	PERSONEL	2	5	10	TANK AĞIZLARI ALTINA TANKTAN SIZINTI OLMASI İHTİMALİNE KARŞILIK 15 CM DERİNLİKTE SAÇ TAVA KONULMALIDIR. İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK

ELEKTRİK KABLoları	ELEKTRİK ÇARPMASI & YANGIN	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	ATÖLYE İÇERİSİNDE BULUNAN ELEKTRİK KABLoları KANAL İÇERİSİNE ALINMALIDIR. İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK, ELEKTRİK KUVVETLİ AKIM TESİSLERİ YÖNETMELİĞİ
TRANSPALET	MALZEME DÜŞMESİ	MADDİ ZARAR	-	MALZEME	2	2	4	TRASPALET YILLIK PERİYODİK KONTROLLERİ YEKİLİ KİŞİ VEYA KURULUŞLAR İLE YAPILMALI, UYGUNLUK RAPORU ALINMALIDIR İŞ EKİPMANLARININ KULLANIMINDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
FORKLİFT	İŞ KAZASI	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	FORKLİFT ÜZERİNE 25 METRE YAKLAŞMA VE MAXİMUM TAŞIMA KAPASİTE YAZILSI ASILMALI, İŞ EKİPMANLARININ KULLANIMINDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
HAREKETLİ KAPI	FİZİKSEL RAHATSIZLIK BEL FITİĞİ	SAĞLIK KAYBI	-	PERSONEL	3	3	9	KAPIYI AÇIP KAPAMA SIRASINDA FİZİKİ RAHATSIZLIĞA YAKALANMAMAK İÇİN KAPI OTOMATİK OLMALI, AÇMA KAPAMA SIRASINDA SESLİ UYARI TAKILMALIDIR. İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
MUTFAK	PATLAMA YANGIN	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	OLASI BİR GAZ KAÇAĞINA KARŞILIK GAZ DETEKTÖRÜ TAKILMALI, GAZ SIKIŞMASINI ÖNLEMEK İÇİN DOLAP KAPAĞINA HAVA DELİĞİ AÇILMALI İŞ EKİPMANLARININ KULLANIMINDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
GAZ HORTUMU	GAZ KAÇAĞI SONUCU YANGIN PATLAMA	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	1	5	5	GAZ OCAĞI HORTUMU BELİRLİ PERİYODLARDA KONTROL EDİLMELİ, 3YILDA BİR DEĞİŞTİRİLMELİ İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
ELEKTRİK PANOSU	ACİL DURUMDA PANOYA MÜDAHALE EDEMEM	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	ACİL DURUMLARDA ELEKTRİK PANOSUNA MÜDAHALE EDEBİLMEK İÇİN PANO ÖNÜ AÇIK OLMALI, MAKZEME BIRAKILMAMALIDIR. İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
ELEKTRİK PANOSU	ELEKTRİK ÇARPMASI	MADDİ ZARAR YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	ELEKTRİK PANOSU ALTINA YALITKAN PASPAS SERİLMELİDİR. İŞYERİ BİNA VE EKLENTİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
ELEKTRİK VE TOPRAKLAMA TEİSATI	ELEKTRİK ÇARPMASI YANGIN	YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	ELEKTRİK TEİSATI VE TOPRAKLAMA TEİSATININ EMO TARAFINDAN YETKİLENDİRİLMİŞ MÜHENDİSLERCE YILLIK KONTROLLERİ YAPILMALIDIR. İŞYERİ BİNA VE KEŞNETİLERİNDE

								ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
YANGIN SÖNDÜRME CİHAZI	YANGINA MÜDAHALE EDEMEME	MADDİ ZARAR		PERSONEL	2	5	10	YANGIN SÖNDÜRME CİHAZLARI PERİYODİK KONTROLLERİ YAPILMALI, YSC'LER 90-110 CM YÜKSEKLİĞE ASILMALI, KULLANIM TALİMATLARI ASILMALI. İŞ EKİPMANLARININ KULLANIMINDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
FORKLİFT TRANSPALET	PATLAMA	YARALANMA ÖLÜM	-	PERSONEL	2	5	10	FORKLİFT YILLIK PERİYODİK KONTROLLERİ YETKİLİ KİŞİ VEYA KURULUŞLAR ARACILIĞI İLE YAPILMALIDIR. İŞ EKİPMANLARININ KULLANIMINDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
İÇME SUYU	HASTALIK	SAĞLIK KAYBI	-	PERSONEL	3	3	9	İÇME SUYU ANALİZLERİ AYLIK OLARAK YAPILMALI İNSANİ TÜKETİM AMAÇLI SULAR HAKKINDA YÖNETMELİK
ÜRETİM ALANI	ASTİM SOLUNUM RAHATSIZLIĞI KANSER	SAĞLIK KAYBI ÖLÜM	FİLTRELİ MASKE TESLİM EDİLMİŞ	PERSONEL	2	5	10	PAKETLEME SIRASINDA FİLTRELİ MASKE KULLANILMALI KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARIN KULLANIMDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ŞARTLARI HAKKINDA YÖNETMELİK
ÜRETİM ALANI	İŞİTME KAYBI	SAĞLIK KAYBI	KULAKLIK TESLİM EDİLMİŞ	PERSONEL	2	5	10	PAKETLEME SIRASINDA KARIŞTIRICILARDA ÇIKAN SES DÜZEYİNE MARUZ KALMAMAK İÇİN KULAKLIK KULLANILMALI KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARIN KULLANIMDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ŞARTLARI HAKKINDA YÖNETMELİK
ÜRETİM ALANI	İŞ KAZASI	YARALANMA	ÇELİK BURUNLU AYAKKABI TESLİM EDİLMİŞ	PERSONEL	2	5	10	AĞIR MALZEMELERİN TAŞINMASI SIRASINDA AYGA MALZEME DÜŞMESİ SONUCU YARALANMALARA SEBEBİYET VERMEMEK İÇİN ÇELİK BURUNLU AYAKKABI GİRİLMELİDİR. KİŞİSEL KORUYUCU DONANIMLARIN KULLANIMDA SAĞLIK VE GÜVENLİK ŞARTLARI HAKKINDA YÖNETMELİK
DUŞ BÖLÜMÜ	FİZİKSEL RISK ETMENİ	SAĞLIK KAYBI	-	PERSONEL	3	3	9	İŞ BİTİMİNDEN SONRA PERSONELİN DÜŞ ALABİLMESİ İÇİN ARIZALI OLAN DÜŞ BÖLÜMÜ ONARILMALIDIR. İŞYERİ BİNA VE KEŞNETİLERİNDE ALINACAK SAĞLIK VE GÜVENLİK ÖNLEMLERİ HAKKINDA YÖNETMELİK
ÜRETİM ALANI	ASTİM SOLUNUM YOLU RAHATSIZLIĞI	SAĞLIK KAYBI ÖLÜM	FİLTRELİ MASKE TESLİM EDİLMİŞ	PERSONEL	2	5	10	ORTAMDA OLUŞAN KİMYASALLARIN GAZ ÖLÇÜMÜ VE TOZ ÖLÇÜMÜ YAPILMALIDIR. İŞ HİJYEN ÖLÇÜM YÖNETMELİĞİ, TOZLA MÜCADELE YÖNETMELİĞİ
ÜRETİM ALANI	İŞİTME KAYBI	SAĞLIK KAYBI	KULAKLIK TESLİM EDİLMİŞ	PERSONEL	2	5	10	ORTAMDA OLUŞAN SES DÜZEYİNİN TESPİTİ İÇİN KİŞİSEL MARUZİYET GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMÜ

								YAPILMALIDIR. GÜRÜLTÜ ÖLÇÜM YÖNETMELİĞİ
ÇALIŞMA ALANI	ÜRETİM ALANINDAN BAĞIMSIZ DİLENME ALANI OLMAMASI	SAĞLIK KAYBI	-	PERSONEL	5	2	10	PERSONELİN DİNLENME SÜRELERİNDE ÜRETİM ALANINDA OLUŞAN KİMYASALLARA MARUZ KALMADN HİJYENİK ORTAMDA İSTİRAHAT VE YEMEK İHTİYAÇLARINI KARŞILAMASI İÇİN BAĞIMSIZ KAPALI BİR BÖLÜM TEMİN EDİLMELİDİR. 6331 SAYILI İSG KANUNU

## A study for smart solar systems managing by artificial intelligence, Yapay zeka ile yönetilen akıllı güneş sistemlerine ilişkin bir çalışma

Hayriye Miray Yakisan<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-9232-3154>)  
Zuhal Er<sup>2\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-9737-1435>)

<sup>1</sup> Istanbul Technical University, Faculty of Science and Letters, Physics Engineering Department, 34469 Maslak-Istanbul, Turkey.

<sup>2\*</sup> Istanbul Technical University, Maritime Faculty, and, Faculty of Science and Letters, Physics Engineering Department, 34469 Maslak-Istanbul, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [erzuh@itu.edu.tr](mailto:erzuh@itu.edu.tr)

### Abstract

A smart energy system is a cost-effective, sustainable, and secure energy system in which renewable energy production, infrastructures, and consumption are integrated and coordinated through energy services, active users, and enabling technologies. Moreover, energy management operations represent one of these cases where real-time energy production, transfer, storage, and consumption need to be optimized. Computation techniques play an important role in most engineering problems in which optimization problems have to be faced. As one of these techniques artificial intelligence (AI), is based on the principle that human intelligence can be defined in a way that a machine can easily mimic it and execute tasks, from the most simple to those that are even more complex. The goals of artificial intelligence include learning, reasoning, and perception. This study focuses on managing smart energy using artificial intelligence (AI), and in this context, it is another goal of this study to examine the basic information about the subject. Therefore, a polycrystalline solar cell has been chosen and it is combined with IoT opportunities such as temperature, humidity, and pressure sensors. These sensors data are collected and then, their comparisons are evaluated with the meteorological data via artificial intelligence. These results are illustrated in the graphs. Consequently, these IoT systems supply more efficiently working situation of solar energy systems because the results are coherent with respect to the artificial intelligence (AI) results from reflections in which solar insulation and temperature levels have a maximum level at solar noontime.

**Keywords:** AI, IoT, Smart solar system, polycrystalline solar cell

### Özet

Akıllı bir enerji sistemi, yenilenebilir enerji üretiminin, altyapılarının ve tüketiminin enerji hizmetleri, aktif kullanıcılar ve etkinleştiren teknolojiler aracılığıyla entegre ve koordine edildiği uygun maliyetli, sürdürülebilir ve güvenli bir enerji sistemidir. Dahası, enerji yönetimi işlemleri, gerçek zamanlı enerji üretimi, transferi, depolaması ve tüketiminin optimize edilmesi gereken bu durumlardan birini temsil etmektedir. Optimizasyon problemlerinin karşılaşılması gereken çoğu mühendislik probleminde hesaplama teknikleri önemli bir rol oynar. Bu tekniklerden biri olan yapay zeka (AI), insan zekasının bir makinenin göreceli kolayca taklit edebileceği ve en basitinden daha karmaşık olanlara kadar görevleri yerine getirebileceği şekilde tanımlanabileceği ilkesine dayanmaktadır. Yapay zekanın hedefleri arasında öğrenme, akıl yürütme ve algılama yer alır. Bu çalışma, yapay zeka (AI) kullanarak akıllı enerjiyi yönetmeye odaklanmaktadır ve bu bağlamda da konu hakkındaki temel bilgiler irdelenmelerinin yapılması bu çalışmanın diğer hedefini oluşturmaktadır. Bu nedenle polikristal bir güneş pili/hücresi/modülü/paneli seçildi ve sıcaklık, nem ve basınç sensörleri gibi IoT olanaklarıyla birleştirildi. Bu sensör verileri toplanmakta ve ardından yapay zeka aracılığıyla meteorolojik verilerle karşılaştırmaları değerlendirilmektedir. Bu sonuçlar grafiklerle gösterilmektedir. Sonuç olarak, bu IoT sistemleri güneş enerjisi sisteminin daha verimli çalışma durumunu desteklemektedir çünkü: sonuçlar, güneş yalıtımı ve sıcaklık seviyelerinin güneş öğlen saatlerinde maksimum seviyeye sahip olduğu yapay zeka (AI) sonuçları yansımalarına göre tutarlıdır.

### GİRİŞ

Fiziksel sistemin geniş ve korunmuş özelliği olan enerji kavramını, doğada ve evrende meydana gelen tüm fiziksel ve kimyasal olay ile tepkimelerde mekanik, sıcaklık, ışık, elektrik ve manyetik tiplerde kullanılan veya dönüştürülen tüm formların genel adı olarak da tanımlamak mümkündür. Enerji, fizikte çok büyük öneme



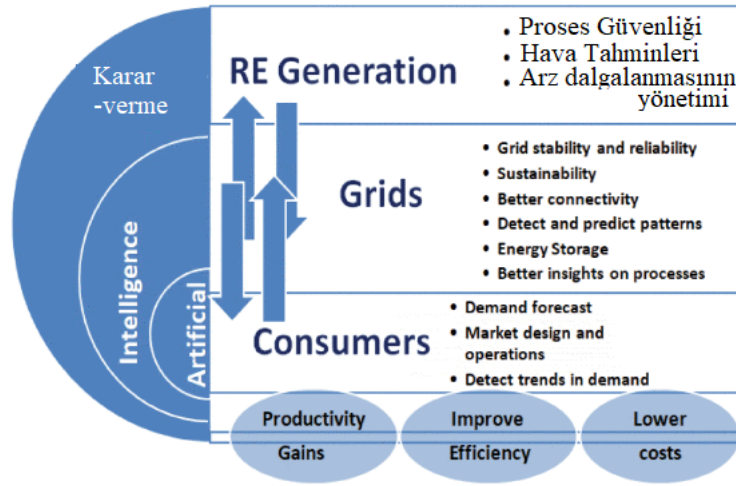
sahiptir ve bunun en önemli sebeplerinden biri de korunma özelliğidir. Buna göre, enerji ne yaratılabilir ne de yok edilebilir; yalnızca enerjinin bir hacim alanı içerisindeki bütün biçimlerinin toplamı sadece o hacme giren ya da o hacimden çıkan enerji miktarı ile değiştirilebilir [1,2]. Bu bağlamda, önemin belirten bir diğer sebep de alabileceği farklı biçimlerin sayısıdır. Çeşitlerini; hareket halindeyken sahip olduğu enerji olan *kinetik*, pozisyonu, durumu ya da düzeni sebebiyle depolanan enerji olan *potansiyel*, iş yapabilmesi için gereken potansiyel ve kinetik enerjilerinin toplamı olan *mekanik*, ısıtılmış halinin sıcaklığından ötürü doğan *termal*, atom ve moleküllerinde depolanan *kimyasal*, hareket eden elektrik yüklerinden kaynaklanan *elektrik*, atomun çekirdeğinden gelen *nükleer* enerjiler olarak isimlendirilen kavram; doğada doğal ve yapay olarak sürekli bu formlarda dönüşüm gösterir. Enerji kavramlarını da makro bazda yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olarak sınıflandırmak mümkündür. Kaynağın tüketilme oranının yeniden oluşma durumu arasındaki ilişkiden çıkmış olan kavramları yenilenemez ve yenilenebilir olarak söylemek mümkündür. [3,4,5,6].

Dünyadaki gelişmeler ve teknolojidaki ilerlemelerle birlikte enerjiye olan ihtiyaç ve enerji tüketimi yüzyıllar boyunca hızla sürekli artmaktadır. İhtiyacın artmasıyla da, rezervleri tükenebilecek yenilenemez enerji kaynaklarının yanında yenilenebilir enerji kaynakları daha fazla önem kazanmaktadır. Doğanın kendi düzeni içinde, kendini sürekli yenileyen ve tükenme tehlikesi olmayan doğal kaynaklar anlamına gelen yenilenebilir enerji kaynaklarını; güneş, rüzgar, hidrolik, dalga, hidrojen ve gelgit enerjisi olarak kaynaklarına göre sıralandırmak mümkündür. Güneş çekirdeğinde meydana gelen füzyon sayesinde ortaya çıkan enerji ve ışınlar neticesinde dünyaya ulaşan güneş enerjisi, ana kaynağı bu güneş enerjisi olan ve basınç farkından dünyanın dönüşüne kadar birçok etmene bağlı olan rüzgar enerjisi, üretimi için akan suyun gücü kullanılan hidrolik enerji bu kaynakların başlıcalarıdır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılma ve tercih edilme sebebi beraberinde getirdiği birçok avantajdır. Bu enerji kaynaklarının en önemli avantajı, doğada var olan kaynaklarının yaşam olduğu sürece var olup tükenmemesidir. Bunun yanında çevre dostu olması, küresel ısınma ve hava kirliliğini önlemesi, insan sağlığına zarar vermemesi, ekonomik büyümeyi desteklemesi ve rekabet gücünü artırması da avantajları arasında yer alır [7,8].

Yenilenebilir enerji üretiminin, altyapılarının ve tüketiminin, enerji hizmetleri, aktif kullanıcılar ve etkinleştiren teknolojiler aracılığıyla entegre ve koordine edildiği akıllı sistemlerde: uygun maliyetli, sürdürülebilir ve güvenli bir enerji sistemi ile insan zekasının bir makinenin görece olarak kolayca taklit edebileceği ve en basitinden daha karmaşık olana kadar görevlerini yerine getirebileceği şekilde tanımlanabileceği ilkesine dayanan yapay zeka konusu işlenmektedir. Bu iki ana başlığın birbirine entegrasyonu, seçilen bir polikristalin güneş pili, sensörlerle toplanan ve yapay zeka ile değerlendirilen veriler kullanılarak, yapay zeka ile akıllı enerji yönetmeye odaklanılmaktadır. Böylelikle, yapay zeka, güneş enerjisinin ne zaman toplanacağı, depolanacağı ve dağıtılacağı hakkında muazzam miktarda meteorolojik veriyi analiz ederek ve bu bilgileri tahmin ve kararlar almak için kullanarak, çevre dostu güneş enerjisinin kullanımındaki etkinliğini artırabilir ve de fazla güneş enerjisi, düşük talep dönemlerinde depolanır ve enerji talebi yüksek olduğunda kullanılır kılacaktır.

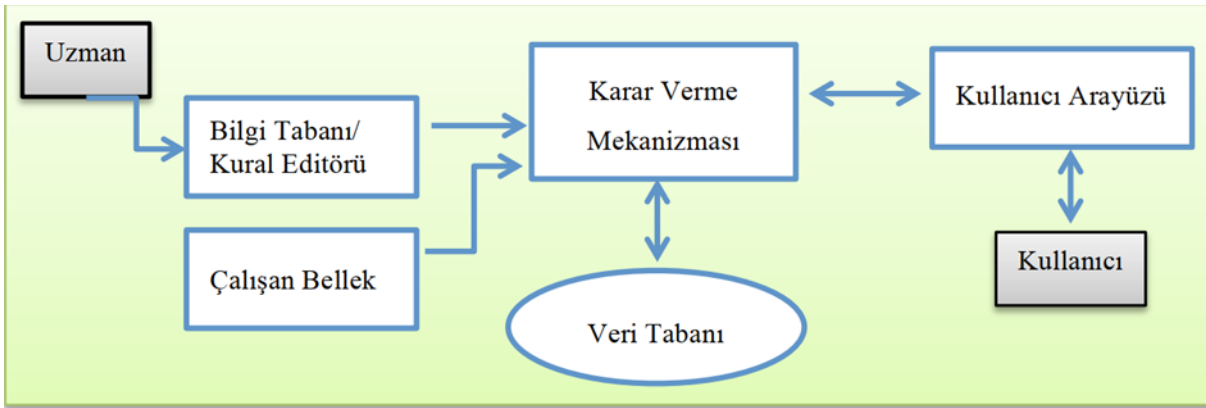
## METODOLOJİ

Hesaplama tekniklerinin optimizasyon problemlerinin karşılanması gereken çoğu mühendislik problemlerinde çok önemli rol oynadığı gerçektir [10, 13]. Bu gerçekte bu projede, insanoğlunun yüzyıllardır cansız varlıkları canlandırma, harekete geçirme merakı ve bu düşüncesinin sonucu olarak ortaya çıkan yapay zeka kavramı, bir bilgisayarın ya da bilgisayar destekli bir makinenin, çözüm yolu bulma, anlama, bir mana çıkartma, genelleme ve geçmişteki deneyimlerinden öğrenme gibi yüksek mantık süreçlere ilişkin görevleri yerine getirme yeteneği olarak bilim dünyasında tanımlanmış güneş enerji sistemlerinde yapay zeka çalışması amaçlanmıştır. Doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmek, insanların yaptıklarını bilgisayarlara yaptırabilmek, akıllı programlamayı hedeflemek gibi farklı şekillerde de tanımlanabilen yapay zeka terimi, ilk kez 1956'da Hannover, New Hampshire, Dartmouth College'da yapılan bir konferansta ortaya atıldı [11]. 1980'e kadar bir duraklama dönemi içinde olsa da, o yıl itibarıyla laboratuvarlarının dışına çıkarılarak, gerçek dünyanın ihtiyaçlarına göre çok daha karmaşık uygulamalarla düşünülmüştür ve halen de devam etmektedir [12]. Doğadaki varlıkların akıllı davranışlarını yapay olarak üretmeyi amaçlayan [11,13] yapay zeka çalışmaları; günlük hayatın farklı alanlarında ürünler vermesinin yanında, tahmin, sınıflandırma, kümeleme gibi amaçlar için de kullanılmaktadır.



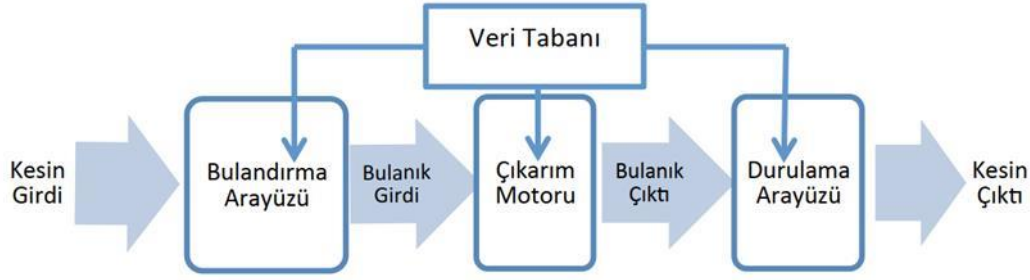
Şekil 1. Enerji sistemi: AI uygulamasına dayalı etkileşimler [9,10].

Yapay zeka teknolojilerinin başlıcaları olarak uzman sistemler, genetik algoritmalar, bulanık mantık, yapay sinir ağları, makine öğrenmesi gelmektedir. *Uzman sistemler*; çözümü bir uzmanın bilgi ve yeteneğini gerektiren problemleri, bir problemi çözmeye uzman kişi veya kişilerin bilgi ve mantıksal çıkarım mekanizmasının modellenmesinin amaçlandığı, bilgi ve mantıksal çıkarım kullanarak o uzman gibi çözebilen sistemlerdir (Edward Feigenbaum' dan aktaran: Harmon ve King, 1985: 5). İnsan zekasının muhakeme etme sürecine, bilgisayar hızının katılmasının amaçlandığı bu sistemlerde, bilgi depolanarak karşılaşılan problemlerde bu bilgiden çıkarım yapması sağlanır. Uzman sistemlerin yapısında bilgi tabanı (kural tabanı), veri tabanı, çalışan bellek (yardımcı yorumlama modülü), çıkarım motoru (karar verme mekanizması, mantıksal çıkarım modülü) ve kullanıcı ara yüzü bulunmaktadır (Şekil 2) [9,10].



Şekil 2. Uzman Sistemlerin Yapısı

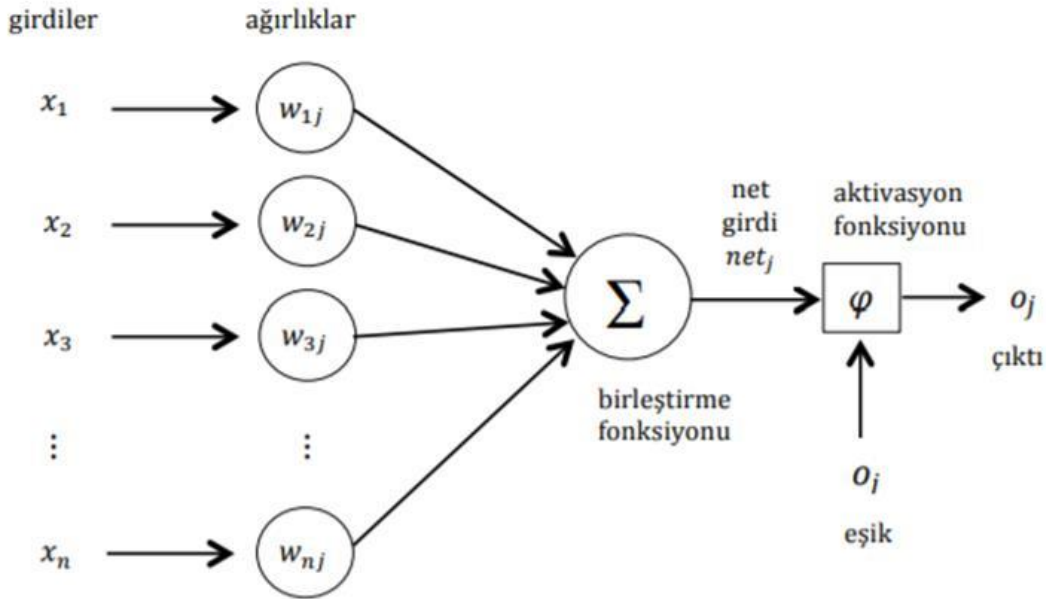
*Genetik algoritmalar*; eldeki mevcut çözümlerden hareketle arama yapılarak en iyi çözümün belirlendiği bir teknikte ve canlı sistemlere benzer bir şekilde öğrenen yazılım programlardır. Kısaca bilgisayarda gelişimi tetikleyen prosesi takip eden bir araştırma metodudur. Bu teknikte evrim teorisinin dayandığı temel prensiplerinden olan doğal seçim ile en iyi bireylerin hayatta kalması ilkesini taklit edilmektedir. *Bulanık mantık*; klasik mantıkta kullanılan kesin hatlarla birbirinden ayrılmış aralıklar yerine, tanımlanan fonksiyonlarla birbirine geçmiş çok sayıda aralıkları kullanıldığı, 0-1 ikili mantık yerine çok değerli, ara değerleri de alabilen uygulayabilen düşüncelerin ve uygulamaların işlendiği tekniktir. Kullanım yerleri, kurulmaları sırasındaki bakış açısı ve vurgulanan boyutlarına göre bulanık modeller; bulanık çıkarım sistemi, bulanık kural tabanlı sistem, bulanık uzman sistemler, bulanık mantık (Şekil 3) denetleyicileri olarak ayrılır. Bulanık mantığa dayanan sistemler ise, bulandırma ara yüzü, çıkarım motoru (karar verme mantığı), durulama arayüzü ve bilgi tabanı olarak dört kısımda incelenmektedir [9,10].



(Baykal ve Beyan, 2004: 196)

Şekil 3. Bulanık Mantık

*Makine öğrenmesi*; geçmişteki veriyi kullanarak yeni veri için en uygun modeli bulmaya çalışan ve buna göre modelleyen bilgisayar algoritmalarıdır. K-en yakın komşu algoritması, basit (naive) Bayes sınıflandırıcı, karar ağaçları, lojistik regresyon analizi, k-ortalamalar algoritması, destek vektör makinaları ve yapay sinir ağları geliştirilen makine öğrenmesi metotlarındandır. Bu metotlarda, öğrenme stratejileri ; denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli (takviyeli) olmak üzere üç farklı şekilde olabilmektedir. *Yapay sinir ağları*, biyolojik sinir sisteminin matematiksel bir modeli olarak da tanımlanabilecek olan beynin çok basit bir nöron modelinin benzetimi şeklinde elde edilen ağ olarak nitelene bilinmektedir. İlave olarak, öğrenme olayının gerçekleştiği birbirleri ile bağlantılı yapay sinir hücrelerinin oluşturduğu bir sistem ile biyolojik sinir sisteminin bilgiyi depolama, kullanma ve işleme yeteneklerini taklit etmeyi ve insan gibi “bir miktar” karar verebilen ve muhakeme yeteneği olan zeki sistemler elde etmeyi amaçlayan sistemdir. Biyolojik sinir hücreleri birbirleri ile synapsler vasıtası ile iletişim kurmaktadır. Değişik toplama ve aktivasyon fonksiyonları vardır. Yapay sinir ağlarını birbirlerine bağlayan bağlantıların değerlerine ağırlık değerleri denmektedir (Şekil4). Proses elemanları birbirlerine paralel olarak girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanı olmak üzere üç katman halinde bir araya gelerek bir ağ oluştururlar. Geliştirilen modeller arasında en yaygın olarak kullanılanları, tek ve çok katmanlı algılayıcılar, LVQ, ART ağları, SOM, Elman ağı gibi ağlardır [9,10].



Şekil 4. Yapay Sinir Ağları Ağırlıklar Toplamı

Yapay zekada öğrenme kavramı; makine öğrenimi, nöral öğrenme, evrimsel öğrenme ve hibrid öğrenme olarak dört grupta incelenmektedir. Bunları; *Makine Öğrenimi* (Bayes, Kümeleme, , En Yakın Komşuluk Modeli, Saklı Markov Modeli vs) (sık kullanılan), *Sinirsel (Nöral) Öğrenme* (sık kullanılan) , *Evrimsel Öğrenme* (Genetik Algoritma, Parçacık Sürü Optimizasyonu, Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Arı Sürüsü Optimizasyonu, vs-) , *Hibrid Metotlar*: • Sinir ağları +bulanık mantık • Sinir ağları + genetik algoritma •

Bulanık mantık + genetik algoritma olarak detaylandırabiliriz. En sık kullanılan makine öğrenimi ve nöral öğrenimi daha detaylı inceleyeceğiz. *Makine öğrenimi*, programlanmadığı sonuçları bile açığa çıkarabilen bir tür yapay zeka olarak kabul edilmektedir. Esas olarak 1959 yılında bilgisayar biliminin yapay zekada sayısal öğrenme ve model tanıma çalışmalarından geliştirilmiş bir alt dalıdır. Arthur Samuel makine öğrenimini: “makinelere bilhassa programlanmadığı sonuçları öğrenme kabiliyeti” olarak tanımlamıştır. Arthur Samuel, bilgisayar ortamında çalışabilen, kendi hatalarından ders alan ve böylece kendini geliştiren bir dama oyunu yapmıştır. Makine öğrenmesi yapısal işlev olarak öğrenen ve veriler üzerinden tahmin yapabilen algoritmaların çalışma ve inşalarını araştıran bir sistemdir. Bu tür algoritmalar statik program talimatlarını harfiyen takip etmek yerine örnek girişlerden veri tabanlı tahminleri ve kararları gerçekleştirebilmek amacıyla bir model inşa ederek çalışmaktadırlar [9,10].

Makine öğrenmesi beraberinde öğrenme stratejileri getirmiştir. Bunlar; denetimli öğrenme, denetimsiz öğrenme, yarı denetimli öğrenme, takviyeli öğrenme ve yoğun öğrenmedir. Denetimli öğrenme, eriler etkileşimli sistemlerden alınarak belirli bir düzende organize edilmesidir. Denetimsiz öğrenme, sınıf bilgisi barındırmayan verilerin içerisindeki gruplar irdelenmesidir. Yarı denetimli öğrenme, kavram tam olarak yukarıdaki iki kavramın arasında yer alır ve etiketlenmemiş büyük miktarda bir veri ile etiketlenmiş küçük miktarda bir verinin beraber kullanılmasıdır. Takviyeli öğrenme, öğreticinin, sistemin ürettiği sonuç için doğru ya da yanlış olarak bir değerlendirmesidir. Yoğun öğrenme, hiyerarşik öğrenme olarak da bilinir. Bu öğrenme yöntemi derin grafiklerde birçok doğrusal ve doğrusal olmayan dönüşümlerden ve çoklu işlem katmanlarından oluşturulmuş verilerde, üst düzey soyutlamalar kullanılarak elde edilen model girişlerine dayalı bir dizi algoritmalarla geliştirilmiş makine öğrenmesidir. Makine öğrenmesi farklı metotlar kullanılarak gerçekleştirilmektedir. *Naive Bayes Sınıflandırıcısı* Bayes teoremine dayanan basit bir olasılıksal sınıflandırma yöntemidir. Mevcut sınıflanmış durumdaki örnek verileri kullanarak yeni bir verinin mevcut sınıflardan herhangi birine ait olma olasılığını hesaplayan bir yaklaşımdır. Bu sınıflandırıcıda nitelikler birbirinden bağımsız olarak kabul edilir. Örneklerin hepsi aynı derecede öneme sahiptir. Bir özelliğin değeri başka bir özellik değeri hakkında bilgi içermez. *K-En Yakın Komşu algoritması* öznitelik uzayındaki en yakın eğitim örneklerine dayanarak nesnelere sınıflandıran, en basit örüntü tanıma yöntemlerinden birisidir. Bu algoritma verilen k değeri kadar en yakın komşunun sınıfına göre sınıflandırma işlemi yapmaktadır. *Kümeleme analizlerinde* nesnelere önceden belirlenmiş bir kritere göre gruplandırması yapılmakta olup bu sebeple denetimsiz öğrenme algoritmalarıdır. Makine öğrenme ile daha da önem kazanan kümeleme algoritmaları örüntü tanıma, konuşma tanıma, görüntü ve ses işleme, işletmelerde müşterilerin tercihlerine, coğrafi durumlarına ve demografik yapılarına göre, satın alma davranışları gibi çeşitli özelliklerine göre gruplara ayrılması, sosyal ağ analizleri, anahtar kelime aramaları, taranan anahtar kelimelerin ilişkili olduğu kavramlara göre sıralanması, trend topiklerin ortaya çıkarılması (Bayrakçı, 2015: 94-96), satış hareketleri, çağrı merkezi kayıtları (Işık, 2006: 7), ülkelerin gruplara ayrılması (Sarıman, 2011: 192) gibi konularda uygulanmaktadır. *Nöral öğrenme* kategorisini oluşturan yapay sinir ağları; insan beyninden esinlenerek geliştirilmiş, ağırlıklı bağlantılar aracılığı ile birbirine bağlanan işlem elemanlarından oluşan paralel ve dağıtılmış bilgi işleme yapılarıdır. En önemli özelliği, deneyimlerden yararlanarak öğrenbilmesidir. Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler oluşturabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri herhangi bir yardım almadan otomatik olarak gerçekleştirmek amacı ile geliştirilmişlerdir. Öğrenmenin yanı sıra bilgiler arasında ilişkiler oluşturma yeteneğine de sahiptir. Yapay sinir ağlarının öğretmenli öğrenme stratejisini kullanarak günümüzde en yaygın olarak görülen ve XOR problemini çözebilmek için yapılan çalışmalar neticesinde ortaya çıkan modeli *çok katmanlı algılayıcı (ÇKA)* ağlarıdır. Bu ağlar, özellikle mühendislik problemlerinin %95'ine çözüm üretebilecek nitelikte bir ağdır. Girdi katmanı, ara katmanlar ve çıktı katmanı olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Girdi katmanı herhangi bir bilgi işleme olmadan dış dünyadan bilgileri alır. Ara katmanlar, girdi katmanından gelen bilgileri işlerler. Bir adet ara katman ile birçok problemi çözmek mümkündür. Eğer ağın öğrenmesi istenilen problemin girdi/çıkı arasındaki ilişkisi doğrusal olmaz ve karmaşıklık artarsa birden fazla sayıda ara katmanda kullanılabilir. Çıktı katmanı ise, ara katmandan gelen bilgileri işleyerek ağa girdi katmanından sunulan girdi için ağın ürettiği çıktıyı bulduğu ve dış dünyaya ilettiği katmandır. Temel felsefesi ağa sunulan girdi vektörünü problem uzayını temsil eden referans vektörlerinden birisine haritalamak olan *LVQ ağları* ise destekli öğrenme stratejisini kullanırlar. Eğitim sırasında ağa sadece öğrenilmesi istenen girdiler verilmekte ve ağın çıktıyı kendisi üretmesi istenmektedir. Ağ çıktısını ürettikten sonra, ağa sunulan girdi vektörüne karşılık gelen ağın ürettiği çıktının

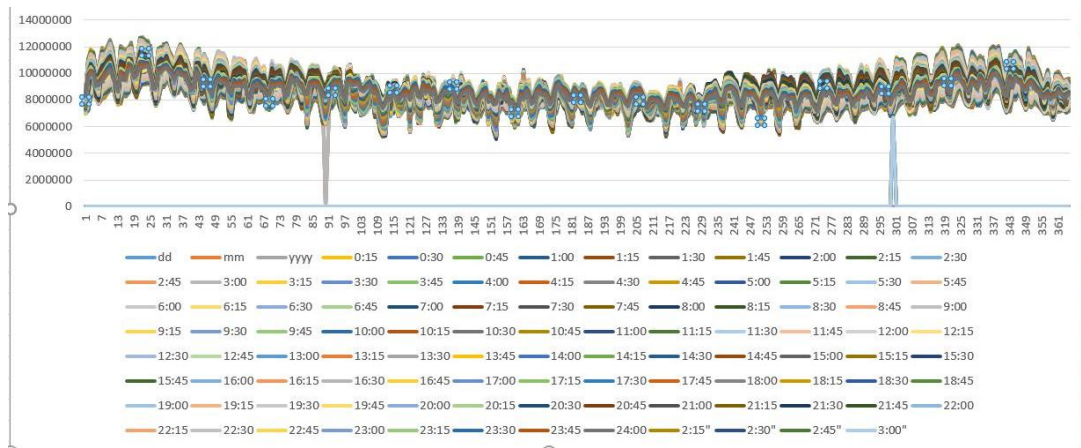
doğru veya yanlış olup olmadığı söylenmektedir. LVQ ağına LVQ ağı girdi katmanı, Kohonen katmanı ve çıktı katmanı olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Girdi katmanındaki her eleman Kohonen katmanındaki her elemana bağlıdır. Girdi katmanından, Kohonen katmanına bağlantıların ağırlıkları bir referans vektörünü oluşturur. Öğrenme sırasında sadece bu referans vektörlerinin değerleri değiştirilir. Her iterasyonda sadece tek bir vektörün değerleri değiştirilir. Öğrenmenin başarısı ise bu vektörlerin başlangıç değerleri ile yakından ilgilidir. Kohonen katmanındaki elemanların her biri çıktı katmanındaki sadece tek bir elemana bağlıdır. Kohonen katmanı ile Çıktı katmanı arasındaki ağırlıklar sabit olup değerleri 1'dir. Bu ağırlıkların değerleri eğitim sırasında değiştirilmez. LVQ ağlarında öğrenme girdi vektörü ile referans vektörleri arasındaki öklid mesafesine dayanmaktadır.

Dünyanın kendi yaşamı açısından en önemli enerji kaynağı olarak öne çıkan güneş; tükenmeyen enerji kaynağı olması, kolay işletilebilmesi, mekanik yıpranma olmaması, modüler olmaması, kısa sürede kurulabilmesi, uzun yıllar problemsiz çalışması ve çevreci bir enerji kaynağı olması sebebiyle dünya çapında önemi her geçen gün artan bir grafik göstermektedir. Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek kullanımını sağlayan fotovoltaik araçlar olan *güneş pilleri*, yarı iletken bir diyot olarak çalışırlar. Katmanlarının altında N tipi ve P tipi yarıiletken madde bulunduran pillerin aynı zamanda hücrelerinin üst tabakaları çatlamaların, kırılmaların ve enerji kaybının önlenmesi için yansımaya önleyici kaplama ve korumalardan oluşur. Çalışma prensibi; güneş pili üzerine düşen ışığın fotovoltaik hücreler tarafından absorbe edilmesi, P tipi yarıiletkenlerden elektron koparan ışığın elektronların N tipi yarıiletkenlere akmasını sağlaması ve bu şekil elektron akışıyla doğru akımı (DC) yaratması şeklindedir. Üretim şekillerine göre gruplandırılan güneş pilleri; atomik yapısı homojen olan *monokristalin güneş pilleri*, birçok monokristalden oluşan ve atom yapısı homojen olmayan *polikristalin güneş pilleri*, kristal yapıda olmayan *amorfsilikon güneş pilleri* olarak ayrılır. Bu çalışmada, polikristalin güneş pilini kullanılmıştır. Verimlilik kapasitelerinin maliyete oranı yüksek olduğu için bu tip güneş pilleri en sık üretilen piller olması sebebiyle çalışmada da tercih edilen güneş enerji paneli olmuştur.

Günümüzde fiziksel büyüklükleri veriye dönüştürmek için *sensör* kullanılmaktadır. Sensörler türlerine göre; fiziksel bir girişi hareketini veya bilgisini çıkış sinyaline dönüştürebilir, sinyalleri bir enerji alanından elektrik alanlarına dönüştürebilir, ortam koşullarında veya başka bir cihazın durumunda algılanan bilgileri başka cihazlara ileten veya kaydedebilir, miktar veya olaylardaki değişiklikleri tespit ederek çıkış verebilir ya da elektrik veya optik sinyalleri tespit etmek ve bunlara cevap vermek için kullanılabilirler. Bu çalışmada da sıcaklık radyasyonunu algılayan *ısı*, basıncı algılayan *basınç* ve nem miktarını verilendiren *nem* sensörlerini kullanılmıştır.

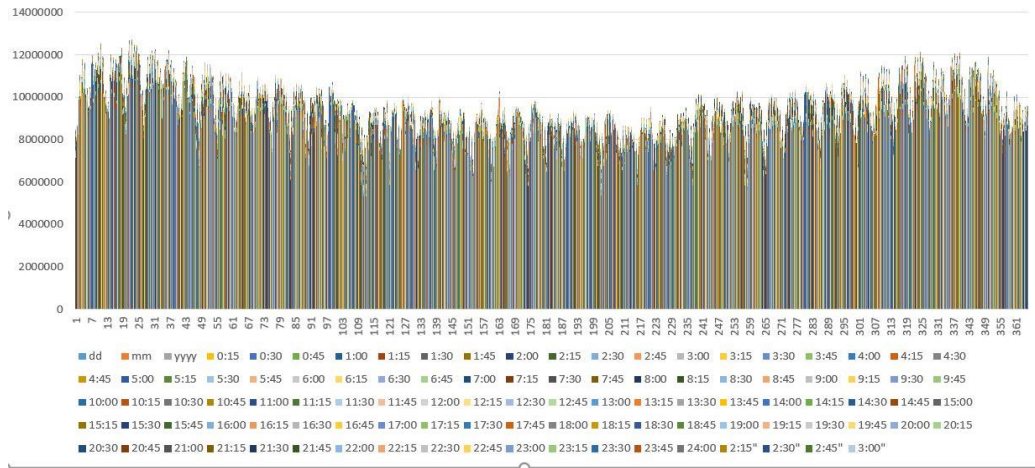
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Sensörler ile veri toplayıp yapay zeka aracılığı ile meteorolojik veriler ile karşılaştırılmaları bu çalışmada değerlendirilmiştir. 2019 ve 2020 her gün belli saatlerde alınan ölçümler ve değerlendirilmesi grafikleri Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7 ,ve Şekil 8'de verilmektedir.



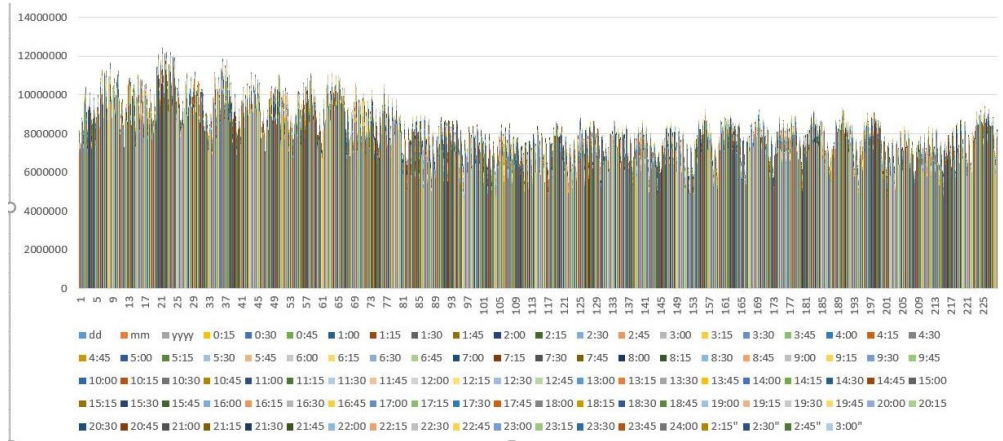
Şekil 5. 2019 Yılı Değerlendirme 1

Şekil 5 den de görüldüğü üzere 2019 yılı verileri, yılın 91nci ve 301nci günlerindeki pik değişimler haricinde ele alındığında görülmektedir ki, dar bir bant aralığında dağılım sergilemektedirler.

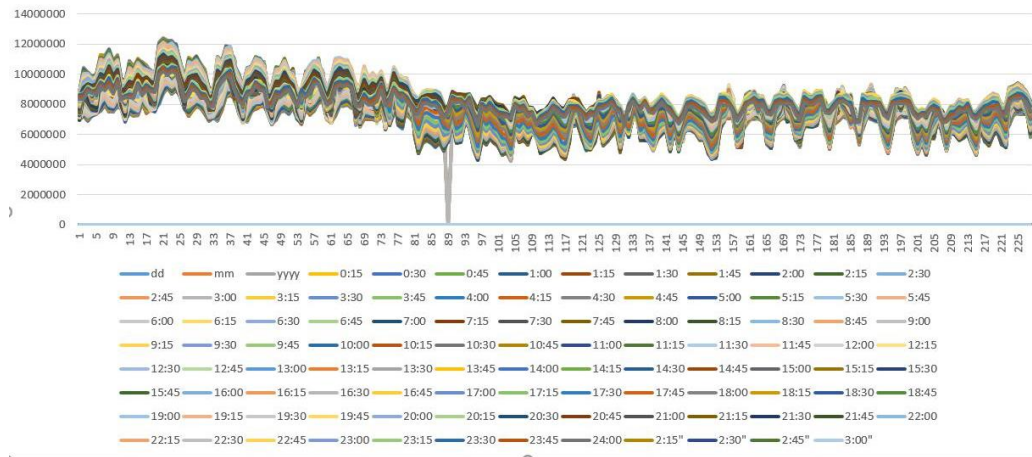


Şekil 6. 2019 Yılı Değerlendirme 2

Şekil 5 den de gözlemlenen veriler Şekil 6 da daha detaylı irdelendiğinde ise, 2019 yılı verilerin 800000 ile 12000 aralığında günlük değişimleri görülmektedir.



Şekil 7. 2020 Yılı Değerlendirme 1



Şekil 8. 2020 Yılı Değerlendirme 2

Şekil 7 ve Şekil 8 den de görüldüğü üzere 2020 yılı verileri, yılın sadece 89ncü gününde ekstrem bir pik değişimi kaydedilmiştir. Bu veri haricinde ele alındığında görülmektedir ki, 2020 yılına ilişkin veriler dar bir bant aralığında dağılım sergilemektedirler.

## SONUÇ

Bu çalışma ile gözlemlenmiştir ki: yapay zeka (AI), şebekeyi dengelemeye yardımcı olmak için akıllı şebekelerde de kullanılabilir. İlave olarak, yapay zeka, kesintili birimlerin etkinliklerinden önce ve sonra şebekeyi analiz eder ve tıkanıklığı ve yenilenebilir enerji kesintisini azaltmaya yardımcı olmak için bundan öğrenir. Genel olarak, bu çalışma ile yapay zeka uygulamalarının güneş enerji sistemleri/panelleri ile ilişkili değerlendirmelerin geliştirilmesinde kullanımına yönelik basit ancak ne kadar uygulanabilir olduğuna dair bir fikir edinmenin temel yolunu sergileyen çıktılar sunmuştur. Bu bağlamda da, sonuçların güneş yalıtımı ve sıcaklık seviyelerinin güneş öğlen saatlerinde maksimum seviyeye sahip olduğu yapay zeka sonuçları yansımalarına göre tutarlıdır. Böylece bu IoT sistemleriyle güneş enerjisi sisteminin daha verimli çalışması durumu sağladığını görülmüştür. Son söz olarak denilenebilir ki: güç dağıtımının otomasyonuna, çeşitli şehirlerde enerji sayaçlarının uzaktan okunmasına ve yenilenebilir enerji jeneratörlerinin uygulanmasına yatırım yaparak elektrik şebekesi altyapısını modernize etme çabasına girilmesi bu çalışmada sunulan irdelemelerimiz neticesinde oluşan gelecek tavsiyeleri arasında olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] IbrahimDincerYusufBicer, 2020, Chapter 2 - Fundamentals of energy systems, Integrated Energy Systems for Multigeneration, Pages 33-83. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809943-8.00002-9>
- [2] YousefHaseli, 2020, Chapter One - Fundamental concepts, Entropy Analysis in Thermal Engineering Systems, Pages 1-11. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819168-2.00001-5>
- [3] Hayriye Miray Yakisan and et al., 2018, Evaluation of the IR temperature measuring unit for the PV surface, Proceedings of Abstract, International Eurasian Conference on Science, Engineering and Technology, Ankara, 1 pp:177.
- [4] Er Zuhail, 2016. A Study of Evaluation of Solar Energy Simulation and Modeling Systems. Acta Physica Polonica A, 130(1), 72-77., Doi: 10.12693/APhysPolA.130.72
- [5] Er Zuhail, 2015. A Study of Importance of Solar Calculations for Two Colored Rainbow System in Istanbul. Acta Physica Polonica A, 128(2B), 477-479., Doi: 10.12693/APhysPolA.128.B-477
- [6] Shahrouz Abolhosseini, Almas Heshmati, Jorn Altmann, A Review of Renewable Energy Supply and Energy Efficiency Technologies, Discussion Paper, IZA DP No. 8145, Germany
- [7] Kumar. J, C.R., Majid, M.A. Renewable energy for sustainable development in India: current status, future prospects, challenges, employment, and investment opportunities. Energ Sustain Soc 10, 2 (2020). <https://doi.org/10.1186/s13705-019-0232-1>
- [8] Jadallah A A, ER ZUHAIL, Abdulqader ZA (2019). Performance analysis of a hybrid wind/photovoltaic power generationsystem for water pumping. International Journal of Environmental Science and Technology
- [9] A. C. Şerban and M. D. Lytras, "Artificial Intelligence for Smart Renewable Energy Sector in Europe—Smart Energy Infrastructures for Next Generation Smart Cities," in IEEE Access, vol. 8, pp. 77364-77377, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2990123.
- [10] Zuhail Er, Defne Eryılmaz, Kerem Horzum ,2018, Predicting The Efficiency Of Sun Tracking Systems Over Fixed Panels By Making Use Of A Simulation Driven By A Convolutional Neural Network And Genetic Algorithm, 33. Şişecam Cam Sempozyumu, İstanbul
- [11] Charniak, E. ve McDermot, D., (1985). "Introduction to Artificial Intelligence", Boston:Addison-Wesley Company
- [12] Lewis, T., (2014). "A Brief History of Artificial Intelligence", LiveScience Retrieved
- [13] Nabiyev, V. V., (2012). "Yapay Zekâ: İnsan-Bilgisayar Etkileşimi", Seçkin Yayıncılık
- [14] Russel S. ve Norvig P, (2003). "Artificial Intelligence, A Modern Approach", Prentice Hall, 2nd Edition, 2003
- [15] 16 Ekim,2020, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Enerji>
- [16] 2019, [http://www.robotiksistem.com/gunes\\_pilleri\\_nedir.html](http://www.robotiksistem.com/gunes_pilleri_nedir.html)
- [17] 2019, <https://elektrikinfo.com/sensor-nedir/>

## Computation and visualization of physics equations

Ayşe Betül Cengiz<sup>1\*</sup>, Kokten Ulas Birant<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Graduate School of Natural and Applied Sciences, Dokuz Eylül University, 35390, Turkey.

<sup>2</sup>Department of Computer Engineering, Dokuz Eylül University, 35390, Turkey

\*Corresponding author e-mail: ayse.simsek@ceng.deu.edu.tr

### Abstract

This paper describes the creation and formative evaluation of the Virtual Lab (VLab), a virtual environment for investigating the kinematics and dynamics of two-dimensional motion. We aimed to compute and simulate physics equations in the computer environment. For the application phase, we limited the physics equations to two-dimensional motion. The second step after modeling the equations with the computer is aimed to visualize and simulate them. And care has been taken to ensure that these simulations are interactive. The ability to change values such as angle, mass, vector sizes, the position is added in line with this care. On the other hand, the main purpose of this study is to model not only these motions but also neglected factors in experimental environments to obtain more realistic observations and results. Accordingly, the equations were implemented in the computer environment not only for insulated environment equations but also for uninsulated environment equations such as air friction.

**Keywords:** computational physics, simulation, physics engine, virtual laboratory.

### INTRODUCTION

This study aimed to help by creating a virtual laboratory for those who want to examine the projectile motion of mechanical physics. In this way, less costly virtual laboratory simulations were created instead of creating real-life laboratory environments.

For a very long time, there are people who have created works outside the reality they have lived. It can be said that the sum of the assets existing relative to a reference point is the reality of that reference point. There are many ways to realize this desire such as role-playing games, simulations, etc.

A simulation is the imitation of the operation of a real-world process, a system, or a dream world (Banks et al., 2010). Simulations are used to show the possible effects of situations before real-time events. They are used in many contexts, such as engineering, testing, training, education, and video games, etc. In this study, computer simulations are emphasized on the physics science.

Nowadays, due to the advancement of computer graphics and hardware parts, some simulations can be easily created virtually. Especially, the increase in computer games has inspired the works in this area. Experimental environments or direct implementations of many operations, which are difficult to perform in real life, using computers can be created.

Computer simulations are called in many areas as “sim”. Since computers give close results during the estimation phase, it helps us to avoid examining extreme and off-topic situations. With the help of the dynamic structure of computer-based designs, the situation to be examined can be diversified for each different case.

Computer simulations are used in a wide range from economy to education, from the military to the entertainment sector. In 2006, M. Fontana suggested a systematization of the relationship between simulations, mathematics, and economics (Fontana, 2006). In 2016, Malgorzata conducted an experimental study on the effect of computer simulations on economic analysis (Łatuszyńska, 2016). In 2019, Gaffeo et al. offered a computer simulation-supported proposal to take measures regarding bank debt in times of crisis (Gaffeo et al., 2019). In 2019, Balaban used a computer simulation to improve the design of military vehicles performing a computer-based crash simulation (Balaban, 2019). Again in 2019, Fox et al. designed a simulation for modeling military decision-making (Fox and Burks, 2019). In 2019, Bertacchini et al. proposed a didactic computer simulation to cover many areas of mathematics (Bertacchini et al., 2019).



The science of physics deals with matters, energies, and their relationships with each other. Physics has six major areas that are mechanics, thermodynamics, optics, waves, electromagnetism, and modern physics (Young and Freedman, 2012). The main concern of this study is the projectile motion of mechanical physics.

The mechanical physical phenomenon is described quantitatively in three fundamental quantities: time, length, and mass. Each object has a mass. Each object or action has physical dimensions. Each movement is completed in a certain time. This can be summarized by saying that each object travels a certain distance at a certain time during a movement. Mass is measured with the kilogram, the length is measured with the meter, and time is measured with second in the metric system. However, some countries have own measurement system.

It is understood that the basic subjects of mechanics are subjects such as motion, work, energy, collision, rotation, flexion, and gravity. Thus, experimental environments should be designed to perform and observe at least collision, flexibility, fall, etc. tests. On the other hand, the setup costs of this type of laboratory are very high. With the help of this study, these expenses can be reduced.

In 2001, Jimoyiannis and Komis developed computer simulations in physics teaching and learning (Jimoyiannis and Komis, 2001). In 2019, Park developed a simulation-based formative assessment model and modeled two topics: motion in two-dimension and conversation of energy (Park, 2019). In 2020, Sankaran et al. developed a physics-driven blood-flow simulation (Sankaran et al., 2020).

In this paper, there are 5 chapters. The methods which are used are described in Chapter 2. How these methods are modeled is explained in Chapter 3. In Section 4, inferences are revealed and future works are discussed.

## METHOD

In this study, a virtual projectile motion laboratory is designed. In the mechanical physics field, almost all equations are examined isolated from the real environment. Many factors are difficult to follow in the true nature of the movement. Therefore, these difficult to calculate factors are ignored and the approximate results are processed.

Another purpose of this study is to examine the neglected factors. At this point, the question "What are the neglected factors?" should be sought. The main neglected factors are air friction, gravitational acceleration, and shape of the object. Because of the earth's atmosphere, objects move in the air on the earth, not in the void. If there is no air friction all objects are fall at the same time from the higher places regardless of their shape and mass. As in the best-known example, an iron rose and a feather falls to the ground at the same time in an airless environment (Cox, 2014).

Projectile motion is the motion of an object thrown or projected into the air, subject to only the acceleration of gravity as in Figure 1.

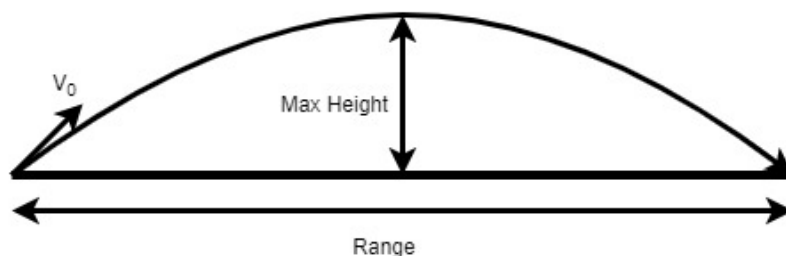


Figure 8. An example of projectile motion

This motion gets the information of the  $V_0$  initial velocity and the initial angle ( $\theta$ ). If air friction is included in the system, some other parameters that are air density ( $\rho$ ), the mass of the object ( $m$ ), the dimensional constant ( $C$ ), and the cross-sectional area of the projectile ( $A$ ) are needed to calculate air friction force ( $F_d$ ) as in Equation (1). Equation (3) and Equation (4) show that  $F_d$ 's the X-axis and Y-axis values respectively. In Equation (2),  $D$  is the drag coefficient. The weight of the mass ( $W$ ) is calculated with multiply  $g$  and  $m$  such as  $W = gm$ . The negation in Equation (3) says that air friction force slows the object. Also, the negation in Equation (4) shows that projectile drops.

$$F_d = DV^2 \quad (1)$$

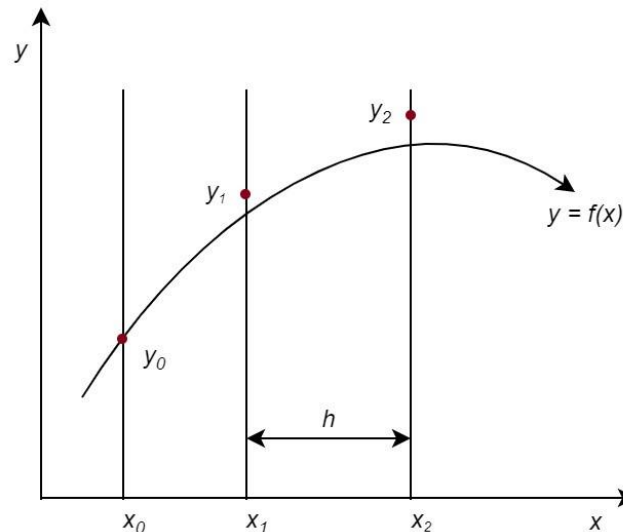
$$D = \frac{\rho CA}{2} \quad (2)$$

$$F_{dx} = -F_d \cos \theta \quad (3)$$

$$F_{dy} = -W - F_d \sin \theta \quad (4)$$

Physics is all about rates of change. During the motion, the air friction affects the projectile every the smallest time interval. To examine all of these changes, Euler's numerical method is used. Euler's method is a simple way to approximate the solution of ordinary differential equations numerically. Assuming the Equation (5), the solution is  $y = f(x)$ .

$$\frac{dy}{dx} = f'(x) \quad (5)$$



**Figure 2.** Representation of Euler's numerical method

If we combine the information in Figure 2 with this Equation (5), we can say that Euler's method is numerically examining each  $\Delta x$  interval which means  $x_{i+1} - x_i$  from a known starting point  $(x_0, y_0)$  as in Equation (6). Thus, the solution is  $\Delta y = f'(x)\Delta x$ .

$$\frac{dy}{dx} \cong \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (6)$$

If we expand this equation system, we get an equation system as in Equation (7). As known, the acceleration (a) is the derivation of the velocity (V) and time (t) and the velocity is the derivation of the range (x) and time. Therefore, the system of equations in Equation (8) is obtained. Here,  $\Delta t$  represents the smallest possible time interval.

$$\begin{aligned}x_n &= x_{n-1} + \Delta x \\y_n &= y_{n-1} + f'(x_{n-1})\Delta x\end{aligned}\quad (7)$$

$$\begin{aligned}t_n &= t_{n-1} + \Delta t \\x_n &= x_{n-1} + v_{n-1}\Delta t \\V_n &= V_{n-1} + a_{n-1}\Delta t \\a_n &= a\end{aligned}\quad (8)$$

The projectile motion of an object is simple to analyze if we accept that (1) there is no air friction and (2) gravitational acceleration ( $g$ ) is constant over the range of motion. When we get to this stage, we get the projectile motion as the combination of two simple shots: vertical and horizontal. The vertical component of the projectile motion is the free-fall. According to our second acceptance, the value of the gravitational acceleration is  $9.8 \text{ m/s}^2$  in order to easy calculation.

### MODEL

The developed model offers three different data entry options. Besides, each option offers the option of whether there is air friction. There are no other forces to cease or decrease the initial force except air friction in our environment. This problem is called “projectile movement with air resistance”. In the first option, the system requires the initial velocity ( $V_0$ ) and the initial angle ( $\theta$ ). The second option requires  $V_x$  and  $V_y$  velocities. Unlike these options, the third option requires the initial angle and point where the motion will end, which is the range ( $x$ ).

The first option works on the motion if only the  $V_x$  initial velocity on the X-axis and the  $V_y$  initial velocity on the Y-axis are given as in Equation (9). The initial angle can be calculated as in Equation (10).

$$\begin{aligned}V_0 &= \frac{V_{0x}}{\cos \theta} \\V_0 &= \frac{V_{0y}}{\sin \theta}\end{aligned}\quad (9)$$

$$\arctan\left(\frac{V_{0y}}{V_{0x}}\right) = \theta \quad (10)$$

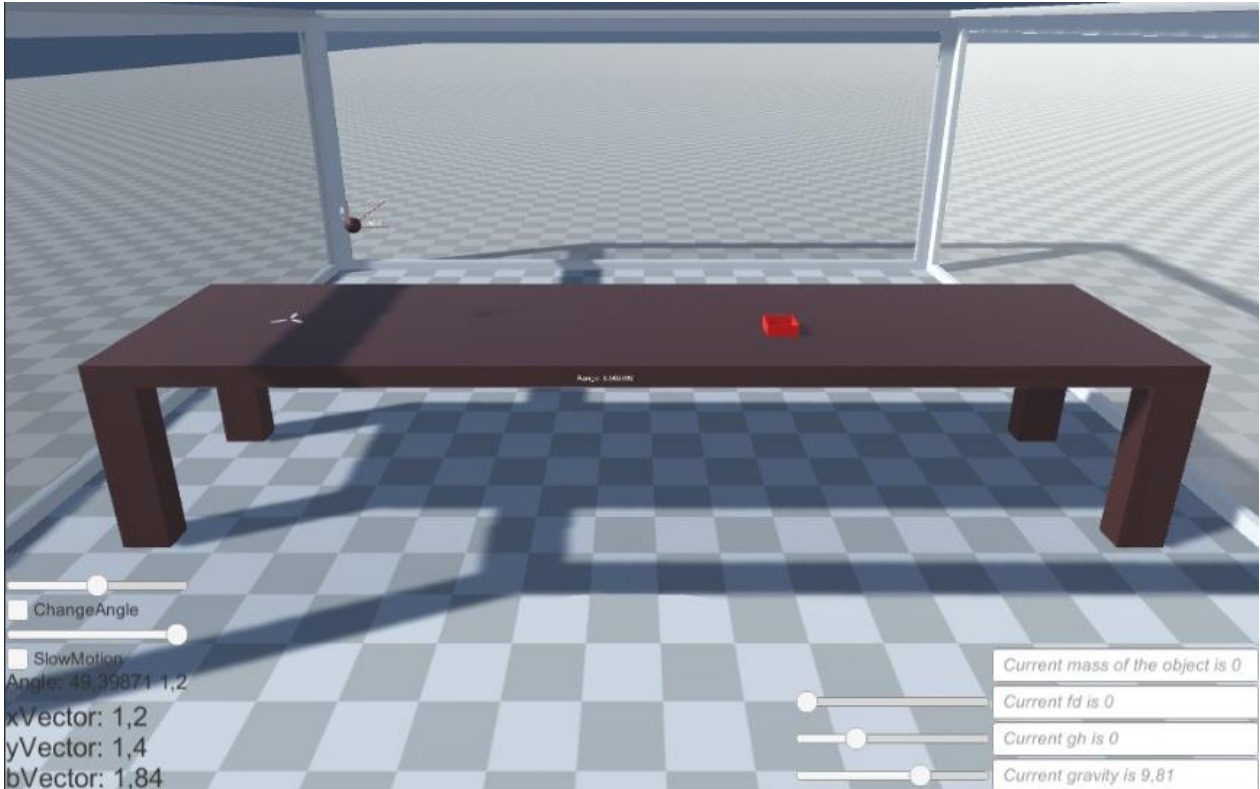
In cases of there is air friction, the developed model needs the air friction force ( $F_d$ ) value. As mentioned in Chapter 2, the model needs other parameters. As it is known, the force equals the multiplication of the acceleration and the mass according to Newton’s second law ( $F = ma$ ). In light of this law, the values of acceleration ( $a$ ) on the X and Y axis can be calculated as  $a_x = F_{dx}/m$  and  $a_y = F_{dy}/m$ . The last parameter is the time interval ( $\Delta t$ ). Now we can find the range ( $x$ ) by placing these values in Equation (8) for each time.

If there is no air friction, calculations are more simple. The range ( $x$ ) of the motion is calculated using the basic range equation ( $x = V_{0x}t$ ). However, we do not know the total time of motion. Indeed, we can find total time using  $t = 2V_{0y}/g$ . The maximum height of the motion ( $h$ ) can be found using  $h = V_{0y}t - (gt^2/2)$ .

The second option is easier than the first option. Equation (10) is not needed because the initial angle and the initial speed are known. The range calculation is the same as the first option.

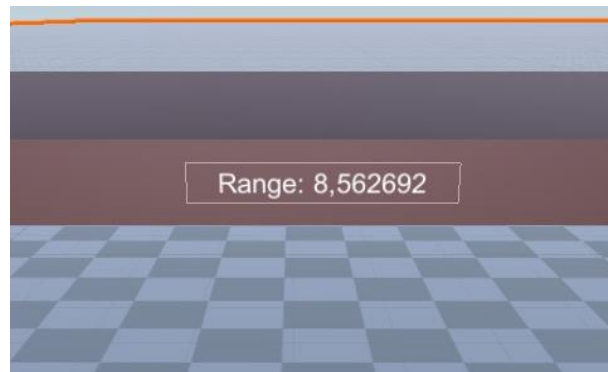
The third option works on when there is no air friction. Because of the nature of the projectile motion, position changes in each time interval are the same amount. Differently, when there is air friction there is no mathematical formula to solve the third option.

The developed virtual laboratory allows the user to keep track of all the motion. Whenever s/he wants, the user can pause the motion and examines outputs of the paused situation.



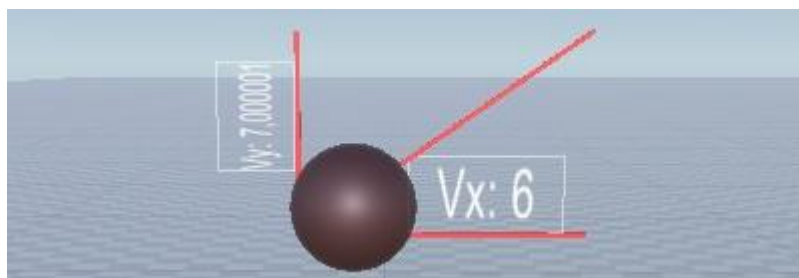
**Figure 3.** An example of the experiment setup

We can see the main setup of the experiment environment in Figure 3. On the left bottom of the screen, the user can adjust the initial angle. The red box on the table is the goal of the motion. Its location is determined according to initial parameters. The user can see the range of the motion center of the table as in Figure 4.



**Figure 4.** An example of the range of a projectile motion

The user can pause the motion whenever s/he wants and see the recent velocity and vector of the projectile as in Figure 5.



**Figure 5.** An example of the recent values of the projectile

## CONCLUSION

This paper introduces a virtual laboratory for mechanics physics experiments. To test the developed virtual laboratory, especially, the projectile motion problems are used. The developed system, firstly, offers to choose an approach method. The first option gets two components of initial velocity, the second option gets initial velocity itself, and the third option gets the ending point of the motion from the user.

Secondly, the system provides the user with the option of air friction. Calculations vary depending on whether air friction exists. The proposed method, Euler's mathematical method, provides us all possible situations of the motion. Our system works very well and shows the whole nature of the movement.

The robustness of the system is measured by how accurately it gives the results. Especially when there is air friction in the system, the comparison between the results of each execution of the motion shows us if the time interval between each calculation step is narrowed, more precise results are obtained. In other words, this narrowing brings us closer to the true nature of the motion. As in Table 1, air friction changes the range of the motion. On the other hand, as we mentioned before, the initial velocity of the motion, when there is air friction, cannot be found if we have only the range information.

This study proposes a model for those interested in physics to perform experiments in anywhere with a computer system. On the other hand, more user-friendly systems can be developed. Computer hardware technologies are constantly evolving. With the help of the latest improvements in virtual reality (VR) technologies, the developed model can be used with a VR device. In this way, the user can affect the motion directly in a three-dimensional virtual environment.

**Table 1.** Results of the developed system

	WITH AIR FRICTION	WITHOUT AIR FRICTION (D = 0.5)
<b>1<sup>ST</sup> OPTION</b>	$V_{0x} = 40$ $V_{0y} = 69.3$ Range = 174.4m	Range = 565m
<b>2<sup>ND</sup> OPTION</b>	$V_0 = 80$ $\Theta = 60$ Range = 174.4m	Range = 565m
<b>3<sup>RD</sup> OPTION</b>	Range = 565m $\Theta = 60$	- $V_0 = 80$

## REFERENCES

- Balaban, B. (2019). Determination of Impact Loads for a Tracked Military Vehicle During a Crash Scenario. In *12th European LS-DYNA Conference 2019*, 2–8.
- Banks, J., Carson II, J. S., Nelson, B. L., & Nicol, D. M. (2010). *Discrete-Event System Simulation*. Pearson.
- Bertacchini, F., Bilotta, E., Caldarola, F., & Pantano, P. (2019). The role of computer simulations in learning analytic mechanics towards chaos theory: a course experimentation. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(1), 100–120.
- Cox, B. (2014). *Human Universe*. United Kingdom.
- Fontana, M. (2006). Computer simulations, mathematics and economics. *International Review of Economics*, 53(1), 96–123.
- Fox, W. P., & Burks, R. (2019). MONTE CARLO Simulation and AGENT-BASED Modeling (ABM) in Military Decision-Making. In *Applications of Operations Research and Management Science for Military Decision Making*, 395–453. Cham: Springer International Publishing.
- Gaffeo, E., Gobbi, L., & Molinari, M. (2019). The economics of netting in financial networks. *Journal of Economic Interaction and Coordination*, 14(3), 595–622.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: A case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36(2), 183–204.
- Łatuszyńska, M. (2016). Experimental Research in Economics and Computer Simulation. In K. Nermend & M. Łatuszyńska (Eds.), *Selected Issues in Experimental Economics*, 151–169. Cham: Springer

International Publishing.

- Park, M. (2019). Effects of simulation-based formative assessments on students' conceptions in physics. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(7).
- Sankaran, S., Lesage, D., Tombropoulos, R., Xiao, N., Kim, H. J., Spain, D., ... Taylor, C. A. (2020). Physics driven real-time blood flow simulations. *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 364, 112963.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2012). *Saers and Zemansky's University Physics*. Pearson.

## Investigation of the effect of spiral mini pin fins on the forced convective heat transfer from a heat sink

Yunus Kutlu<sup>1</sup>, Tamer Çalışır<sup>2\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0721-0444>), şenol Başkaya<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9676-4387>)

<sup>1</sup>Gazi University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department, Ankara, Turkey.

<sup>2</sup>Gazi University, Faculty of Engineering, Mechanical Engineering Department, Ankara, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [tamercalisir@gazi.edu.tr](mailto:tamercalisir@gazi.edu.tr)

### Abstract

A numerical study has been performed to investigate the effect of different geometrical characteristics of spiral mini pin fins on the forced convective heat transfer and fluid flow in a horizontal channel, placed on a rectangular heat sink. Simulations have been performed for different tooth profiles (triangular and rectangular) and tooth height of the spirals under steady state conditions. Investigations were done for a Reynolds number range of 250-2000 for air as the working fluid. It was observed that at low Reynolds number values the effect of tooth profile on the heat transfer is low, and with the increase in the Reynolds number higher heat transfer rates are obtained for the rectangular profile. However, with the increase in the tooth height the heat transfer is higher for the triangular tooth profile for all investigated Reynolds number values. The results obtained for the effect of tooth height, showed that with the increase of tooth height a small increase occurs, and the highest value is obtained for a dimensionless tooth height ( $D_{yc}=D_y/D_{hi}$ ) of 0.33, and above that value a decrease occurs.

**Keywords:** Forced convection, spiral mini pin fin, CFD.

### INTRODUCTION

The rapid development in electronic industry, has led to a drastically increase in heat dissipation rate from electronic devices. Traditional cooling technologies are not able to satisfy the need of the system, so some new cooling technologies have been found, especially the ones using micro-scale short pin fin channels. By installing pin-fin on heating surfaces the heat dissipating surface area could be increased and causes turbulent mixing, and subsequently enhancing the heat dissipation and protecting the reliability and increase life of electronic devices. The subject of heat transfer associated with flow over arrays of pin fins has been extensively investigated in the past, due to its importance in a wide variety of applications.

Khonsue (2018) studied experimentally the characteristics of heat transfer and pressure drop on mini heat sinks with micro pin-fin arrays using air as the working fluid. It was found that average heat transfer coefficient and Nusselt number of spiral pin fins were the most. Wan and Joshi (2017) performed an experimental study and investigated pressure drop and heat transfer characteristics of pin fin enhanced micro gaps in single phase microfluidic cooling. Perforated pin fins with linear and staggered arrangement has been used in heat sinks by Maji et al. (2017). They performed three dimensional CFD simulations to show the effects of number and shape of the fin, geometry and dimension of the perforation of fins on heat transfer. Also, Chin et al. (2013) investigated the effect of perforation in pin fins to enhance the rate of heat transfer. Liu et al. (2013) studied experimentally in-line and staggered array micro-cylinders-group plates with different distances among cylinders. Jeng and Tzeng (2007) experimentally studied the pressure drop and heat transfer of a square pin-fin array in a rectangular channel. They investigated the effect of longitudinal pitch, transversal pitch and arrangement on the heat transfer and pressure drop.

Different geometries of pin fins have been studied and the effects on heat transfer and pressure drop has been represented. Pandit et al. (2014) examined the use of pin fins and presented heat transfer enhancement measurements for arrays of circular, triangular, hexagonal, and diamond shaped pin fins. Tanda (2001) performed experiments to show the effect of diamond-shaped fins on heat transfer and pressure drop. Tullius et al. (2012) investigated six pin fin shapes of staggered arrangement in order to optimize the geometry and maximize heat transfer dissipation. Kotcioglu et al. (2011) studied experimentally convective heat transfer and pressure drop in a cross-flow heat exchanger with hexagonal, square and circular pin-fin arrays. Tahat el al. (2000) investigated experimentally staggered and in-line arrangements of pin fins of circular shape. They showed the dependencies of Nusselt number on Reynolds and pin-fin pitch.

The authors reported different investigations on the heat transfer and pressure where various geometrical configurations of pin fins have been shown. However, there are still some blind spots about the effect of different geometrical aspects of pin fins on heat transfer. Hence, the objective of this paper is to draw attention to the enhancement of heat transfer on heat sinks with spiral mini pin fins attached. A numerical study has been performed for triangular and rectangular tooth profiles as well as tooth height of the spirals. It was aimed, to show the effect of spiral pin fins on heat sinks on the heat transfer from a heat sink.

## MATHEMATICAL FORMULATION AND NUMERICAL MODEL

In this part of the study, the numerical description of the problem under investigation is presented. Mathematical formulation, problem description, solution technique, boundary conditions and validation of the numerical model has been described.

### Problem Description and Governing Equations

The numerical model and implemented boundary conditions are introduced, and the investigated parameters are shown. The governing equations are presented in this part of the study. In this numerical study the FLOEFD CFD code was used. The investigated computational domain is shown in Figure 1. Numerical study was conducted on forced convective heat transfer from a heat sink with spiral mini pin fins located inside a rectangular channel. The flow characteristics and temperature distributions at different Reynolds numbers have been investigated. Air was used as the working fluid and at the inlet the environment temperature was fixed as 25 °C, with different Reynolds numbers ranging from 250 to 2000. A constant heat flux of 20,000 W/m<sup>2</sup> was applied on the top surface of the heat sink. The outlet boundary condition was set as environment pressure.

The computational domain was modelled as three-dimensional, with a channel width of W=28 mm, length of L=70 mm and height of H=10 mm. The heat sink was embedded to the channel base. Channel walls were taken as adiabatic. Flow and heat transfer was modelled for steady-state conditions. Radiation effects were not considered. As can be seen from Figure 2, rectangular and triangular shaped spiral mini pins have been used in the study. The heat sink has the dimensions of 20 x 16 mm in the x-z directions. The heat sink is located 20 mm downstream of the channel inlet. The height of the fins was modelled as 5 mm. There are 20 staggered arrayed fins altogether, and all were made of aluminum. In the study of Kutlu (2019) it was shown that the heat transfer is higher for staggered arrangement, hence in the present study the results for a staggered arrangement have been represented. As can be seen from Figure 1, investigations were performed for longitudinal distance of S<sub>L</sub>=1.8 mm and transversal distance of S<sub>T</sub>=2.4 mm. The tooth width D<sub>g</sub> has been taken as 0.4 mm within the study. As can be seen from Figure 2, D<sub>hi</sub> shows the inner hydraulic diameter and has been taken as 1.2 mm in the present study. The tooth height has been shown as D<sub>y</sub> and investigations were performed for dimensionless tooth heights (D<sub>yc</sub> = D<sub>y</sub>/D<sub>hi</sub>) in the range of 0.07 ≤ D<sub>yc</sub> ≤ 0.55.

The governing equations used in the study are shown in this section. The investigations were performed as three-dimensional, steady, incompressible flow. The continuity, momentum and energy equations governing three-dimensional steady flow of air with constant properties in the Cartesian coordinate system can be written as follows:

Continuity equation:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad (1)$$

The momentum equations in the x, y and z directions are as follows;

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left[ \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right] \quad (2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \nu \left[ \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right] \quad (3)$$

$$u \frac{\partial w}{\partial x} + v \frac{\partial w}{\partial y} + w \frac{\partial w}{\partial z} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} + \nu \left[ \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial z^2} \right] \quad (4)$$



Energy equation:

$$u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} = \alpha \left[ \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right] \quad (5)$$

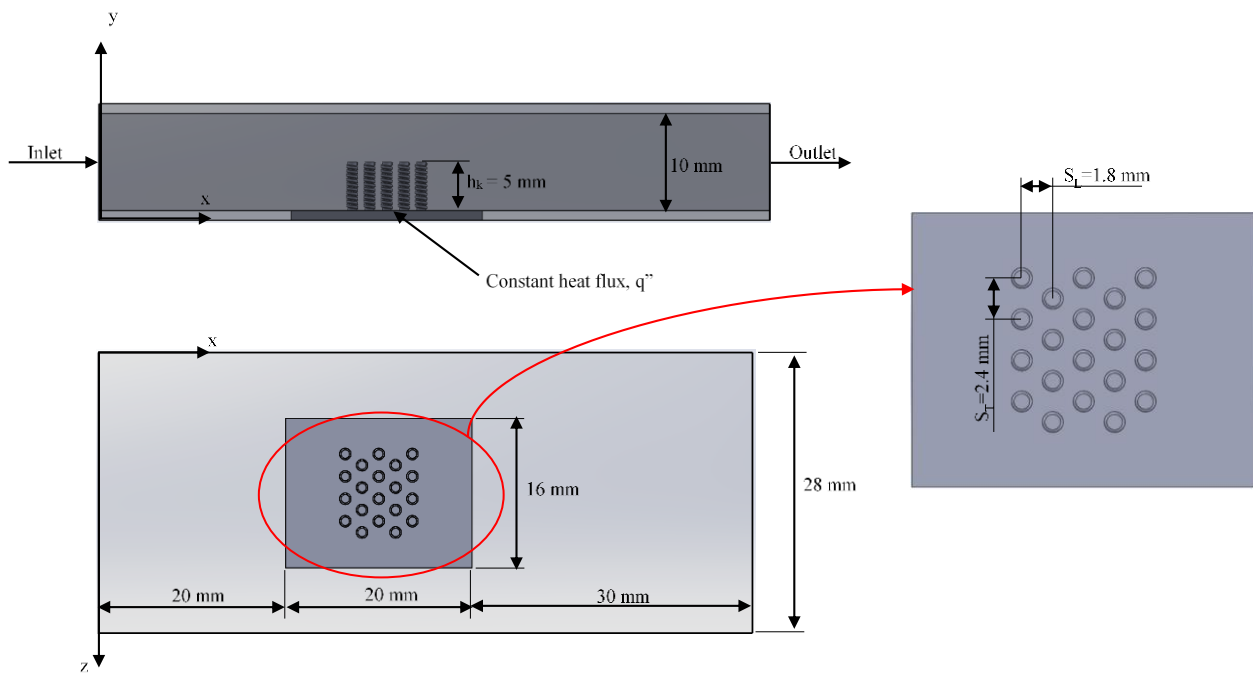
The Reynolds number has been calculated in accordance to the inlet velocity and inner hydraulic diameter of the pin fins. The kinematic viscosity of air ( $\nu$ ) at the inlet temperature of 25 °C has been used. The Reynolds number was calculated using Eq. (6).

$$Re = \frac{u \cdot D_{hi}}{\nu} \quad (6)$$

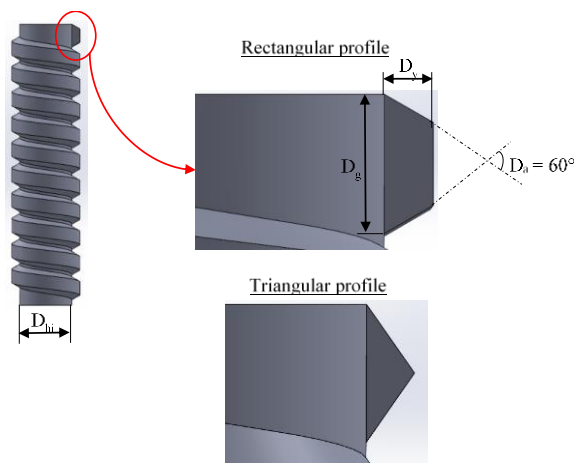
The mean Nusselt number was used in the representation of the results and was calculated using Eq. (7).

$$Nu = \frac{h_m \cdot D_{hi}}{k} \quad (7)$$

where,  $h_m$  shows the mean convection coefficient and  $k$  shows the conduction coefficient of air.



**Figure 9.** Computational Domain



**Figure 2.** Investigated tooth profiles

## Validation of Numerical Model

The numerical model for validation was built according to the experimental study of Khonsue (2018). A mesh independency study has been performed for a wide range of grid distributions, and the results are shown on Table 1. As can be seen from the table, the results are very close and the mesh number of 635326 has been chosen as the grid distribution in the present study. These results have been validated with the experimental results of Khonsue (2018) and have been shown in Kutlu (2019). It was observed that a fairly good agreement was obtained. Hence, the results could be said to predict the experimental results reasonable.

**Table 2.** Effect of mesh number on variation of mean Nu number

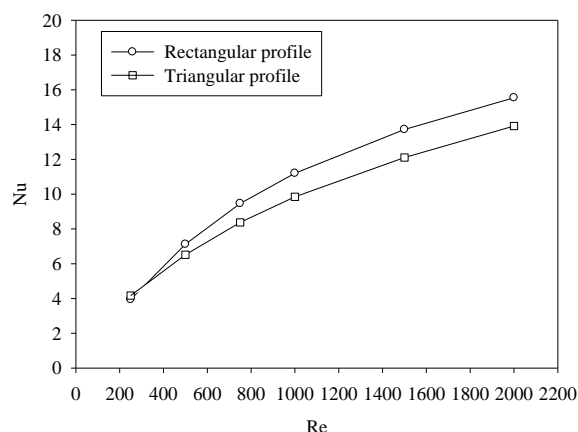
#	Total mesh number	Nu
1	133622	13.3
2	186211	12.3
3	274158	12.2
4	392796	12.7
5	511157	12.4
6	635326	12.0
7	791512	11.9
8	970979	12.1
9	1148730	12.0
10	1359766	12.0
11	1578978	12.1

## RESULTS and DISCUSSION

The results obtained from the parametric study has been shown in this part. Simulations have been done for triangular and rectangular tooth profiles. In addition, the effect of tooth height has been investigated and the results have been presented.

The effect of tooth profiles has been presented in Figure 3. The variation in Nusselt number with Reynolds number has been shown for triangular and rectangular tooth profiles on the figure for a dimensionless tooth height of  $D_{yc}=0.15$ . The Nu number increases with increasing Re number for both tooth profiles. It was observed from Figure 3 that, at  $Re=250$  the Nu number is almost equal for both tooth profiles and is higher for rectangular tooth profile with increasing Re number. This is due to the greater surface area of rectangular tooth profile in comparison to triangular tooth profile. However, at low Re numbers the effect of surface area has a lower effect on heat transfer.

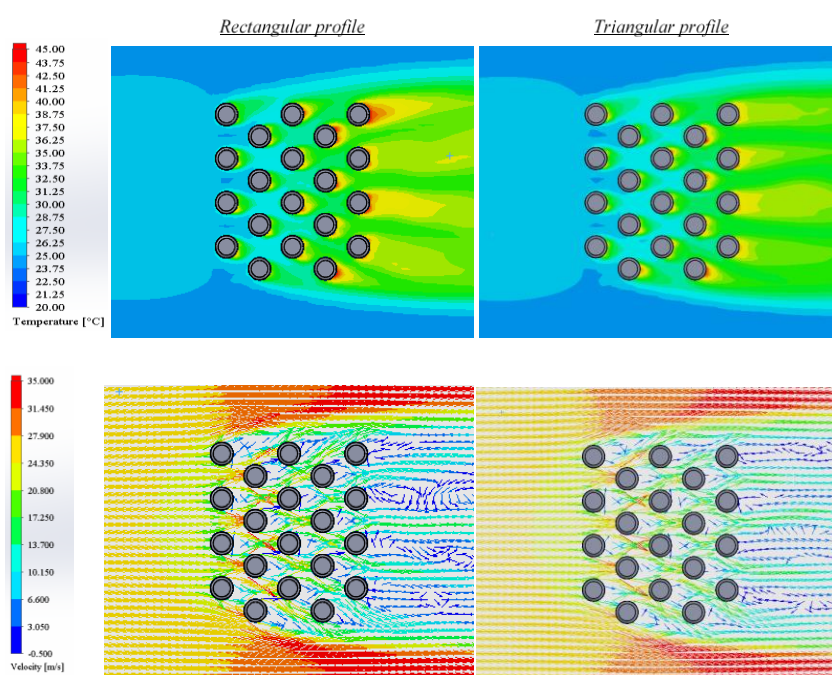
The temperature and velocity distributions at the mid-plane of the pin fins has been shown for  $Re=2000$  for both triangular and rectangular tooth profiles on Figure 4. It can be seen from the figure that similar temperature profiles occur for both tooth profiles. However, especially at the last row higher temperatures has been observed for rectangular tooth profiles. In addition, higher velocities have been obtained around the pin fins for rectangular profiles. This has an increasing effect on heat transfer, hence higher Nu numbers could be obtained by the use of rectangular profiles.



**Figure 3.** Variation in Nusselt number with Reynolds number for different tooth profiles on pin fins

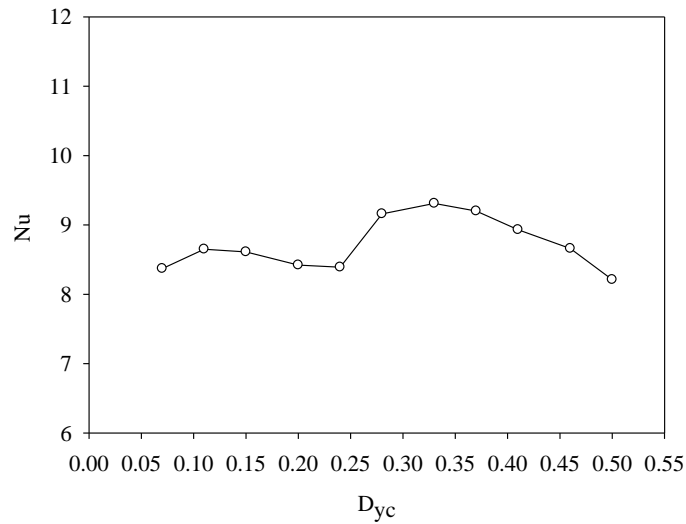
Investigations have been done for tooth height and the results were shown for dimensionless tooth heights ( $D_{yc}$ ). The variation in Nu number with dimensionless tooth height has been presented in Figure 5 for triangular tooth profiles at a Re number of 1000. Investigations have been performed for a total of 11 tooth heights and the inner hydraulic diameter was held constant as  $D_{hi}=0.92$  mm. It was observed that in the range of  $0.07 \leq D_{yc} \leq 0.25$  the heat transfer is almost constant and for  $D_{yc} > 0.25$  and an increase occurs and the highest Nu number is obtained for  $D_{yc}=0.33$ . For  $D_{yc}>0.33$  a decrease occurs in the Nu number.

The temperature as well as velocity distributions at the mid-plane of the fins has been shown on Figure 6 for triangular tooth profiles at Re=1000. Although, the increase in tooth height increases the surface area of the pin fins the distance between the fins decreases. Hence, in the range of  $0.24 \leq D_{yc} \leq 0.33$  the increase in surface area increases the heat transfer, whereas for  $D_{yc}>0.33$  a decrease occurs due to the blocking effect of the pin fins. As can be seen from Figure 6, with the increase in tooth height the velocity around the pin fins decreases and therefore, an increase in temperature around the fins occurs. On the other hand, the lowest temperatures occur for  $D_{yc}=0.07$ , which shows that the fin height is too short in order to transfer its heat to the surrounding air, hence the heat transfer is low.

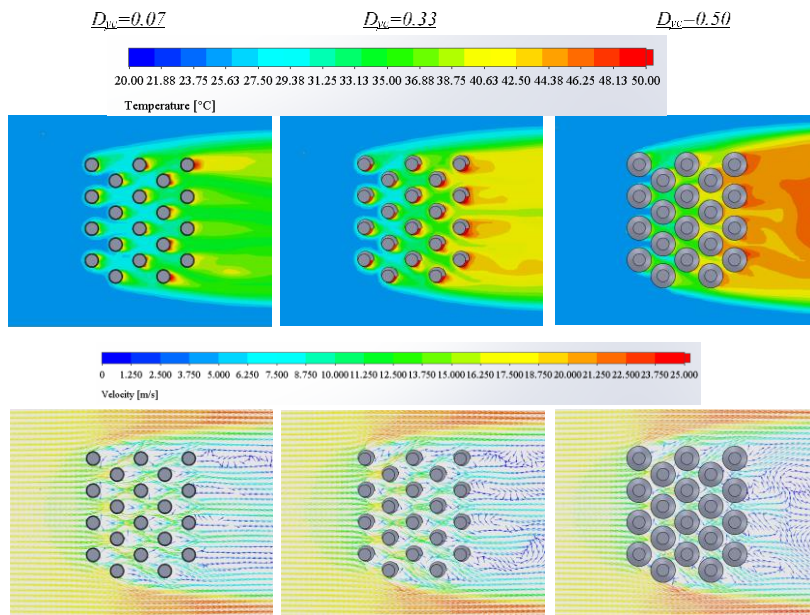


**Figure 4.** Temperature contours and velocity vectors at the mid-plane of rectangular and triangular pin fins for Re=2000

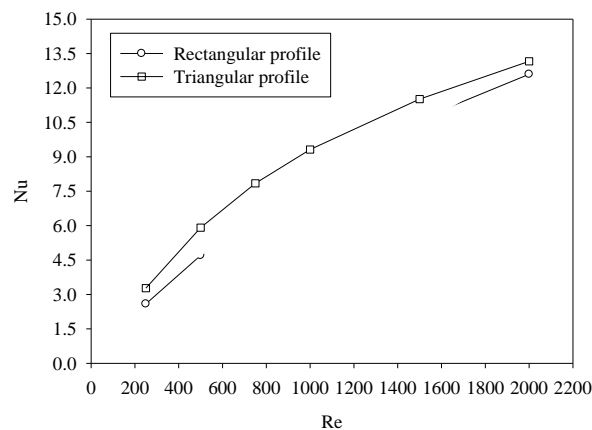
Figure 7 shows the variation in Nu number with Re number for the case of  $D_{yc}=0.33$ . As can be seen from the figure, for all Re numbers the heat transfer is higher for the triangular tooth profiles. Although, the results in Figure 3 showed higher heat transfer values for the rectangular tooth profile, where  $D_{yc}$  was 0.15 the heat transfer values for the triangular tooth profile are higher in Figure 7. This shows that, with the increase in tooth height the rectangular tooth profiles has a blocking effect on air flow which decreases heat transfer. On the other hand, the increase in tooth height increases the surface area which increases the heat transfer more effectively for triangular tooth profile. Hence, the heat transfer is higher for the triangular tooth profile for higher tooth heights.



**Figure 5.** Variation in Nusselt number with dimensionless tooth height for triangular tooth profile and  $Re=1000$



**Figure 6.** Temperature contours and velocity vectors at the mid-plane of triangular pin fins for different dimensionless tooth heights at  $Re=1000$



**Figure 7.** Variation in Nusselt number with Reynolds number for different tooth profiles at  $D_{yc}=0.33$

## CONCLUSIONS

Numerical simulations of the laminar forced convection heat transfer from a heat sink with spiral mini pin fins located inside a channel have been carried out. The effects of tooth profiles and tooth heights at different Reynolds numbers have been examined.

The results showed that at low Reynolds numbers and low tooth heights the effect of tooth profile on the heat transfer is low, and with the increase in the Reynolds number higher heat transfer rates are obtained for the rectangular profile. On the other hand, with the increase in tooth height it was observed that the heat transfer is higher for the triangular tooth profile for all investigated Reynolds numbers. The results obtained for the effect of tooth height, showed that with the increase in tooth height a small increase occurs, and the highest value is obtained for a dimensionless tooth height ( $D_{yc}=D_y/D_{hi}$ ) of 0.33, and above that value a decrease occurs.

## REFERENCES

- Chin BS, Foo JJ, Lai YL, Yon TKK 2013. Forced convective heat transfer enhancement with perforated pin fins. *Heat and Mass Transfer*, 49: 1447-1458.
- Jeng TM, Tzeng SC 2007. Pressure drop and heat transfer of square pin-fin arrays in in-line and staggered arrangements. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 50: 2364-2375.
- Khonsue O 2018. Enhancement of forced convective heat transfer on mini pin fin heat sinks with micro spiral fins. *Heat and Mass Transfer*, 54: 563-570.
- Kotcioglu I, Caliskan S, Baskaya S 2011. Experimental study on the heat transfer and pressure drop of a cross-flow heat exchanger with different pin-fin arrays. *Heat and Mass Transfer*, 47: 1133-1142.
- Kutlu Y 2019. Numerical Study on Forced Convective Heat Transfer from a Heat Sink with Mini Pin Fins Located inside a Channel. Gazi University: M.Sc. Thesis.
- Liu Z, Wang Z, Zhang C, Guan N, Jiang G 2013. Flow resistance and heat transfer characteristics in micro-cylinders-group. *Heat and Mass Transfer*, 49: 733-744.
- Maji A, Bhanja D, Patowari PK 2017. Numerical investigation on heat transfer enhancement of heat sink using perforated pin fins with inline and staggered arrangement. *Applied Thermal Engineering*, 125: 596-616.
- Pandit J, Thompson M, Ekkad SV, Huxtable ST 2014. Effect of pin fin to channel height ratio and pin fin geometry on heat transfer performance for flow in rectangular channels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 77: 359-368.
- Tahat M, Kodah ZH, Jarrah BA, Probert SD 2000. Heat transfers from pin-fin arrays experiencing forced convection. *Applied Energy*, 67: 419-442.
- Tanda G 2001. Heat transfer and pressure drop in a rectangular channel with diamond-shaped elements. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44: 3529-3541.
- Tullius JF, Tullius TK, Bayazitoglu Y 2012. Optimization of short micro pin fins in minichannels. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55: 3921-3932.
- Wan Z, Joshi Y 2017. Pressure drop and heat transfer characteristics of pin fin enhanced microgaps in single phase microfluidic cooling. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 115: 115-126.

## The effect of impregnation rate on surface area in the preparation of activated carbon from industrial processed red pepper waste

Filiz Koyuncu<sup>1\*</sup>(<https://orcid.org/0000-0002-9879-8801>), Fuat Güzel<sup>2</sup>(<https://orcid.org/0000-0002-8705-4372>)

<sup>1</sup>Dicle University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Chemistry, Diyarbakır, Turkey

<sup>2</sup>Dicle University, Faculty of Education, Department of Chemistry, Diyarbakır, Turkey

\*Corresponding author e-mail: flkync@gmail.com

### Abstract

In this study, activated carbon was prepared in different impregnation rates from industrial processed pepper waste. KOH was used as a chemical activator. The effect of impregnation rates on the surface area and pore characterization of the synthesized activated carbons was investigated. The optimum activated carbon 1.5:1 (KOH/PW, w/w) impregnation ratio with the highest surface area was obtained. The surface area of the synthesized optimum activated carbon was found to be 1563.92 m<sup>2</sup>/g. The results showed that it is an alternative precursor for the production of activated carbon from industrial processed pepper waste.

**Keywords:** Pepper waste, Activated carbon, Impregnation ratio

### INTRODUCTION

Activated carbon(AC) is defined as an adsorbent with highly improved surface area and pore volume by the activation process applied to materials with high carbon content (Orbak, 2002). ACs are widely used in various fields such as purification and separation in many industrial processes including medicinal use, gas storage, pollutant, odor removal, gas separation, catalysis, pharmaceuticals, as electrode materials in electrochemical devices and in the wastewater treatment (Şahin et al., 2013). The chemicals used in the chemical activation are alkali (KOH, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH and Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), alkali earth metal salts (AlCl<sub>3</sub> and ZnCl<sub>2</sub>) and some acids (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (Hayashi et al., 2002).

In the preparation of activated carbon, the high carbon content of the precursor, being cheap and not containing impurities are important parameters. According to our literature reviews, there are no published reports on ACs production from pepper waste(PW). Therefore, industrial processed pepper waste is a suitable precursor for preparing activated carbon. It is accepted that the homeland of pepper is tropical America and spread from here to the world. One of the most used types of red pepper in our country is the production of pepper paste. Red pepper paste, which has been produced at homes with traditional methods for years, mostly in South-eastern provinces of our country such as Gaziantep, Adana, and Şanlıurfa has been produced in modern facilities in recent years and has become a developing sector in many regions (Okur, 2011). Turkey pepper production volume is approximately 2.5 million tons in 2017. 44% of this production with 1.1 million tons consists of pepper for paste. Pepper waste is between 15% and 25% in pepper paste production.

### MATERIALS AND METHODS

#### 1. Materials

PW was collected from a local pepper paste production factory. It was washed several times with distilled water to remove dust and other inorganic impurities and then dried naturally. Then, the dried shells were crushed and then sieved to obtain a particle size fraction of 0.470 <dP <0.570 mm prior to chemical activation.

#### 2. Pepper waste activated carbon production

The optimal conditions for AC production from PW were determined by examining influences of chemical impregnation ratio. Firstly, 15 grams of PW was impregnated with different impregnation ratios (0.5-3.0) of activator, and then the mixtures were dried in an air oven at 105 °C for 24 hours. Then, carbonization of samples activated with different ratios of KOH was performed by heating them in a horizontal stainless steel tube (7.0 cm diameter 100 cm long) under nitrogen atmosphere (99.99%) flow (100 mL/min). The produced ACs were cooled to room temperature under nitrogen flow. It was washed with purified water until neutral pH values were reached and dried in an oven at 105 °C overnight. It helps to remove ash remaining in the

environment and to open and develop the porosity of carbon. Finally, it was sieved to a particle size smaller than 0.120 mm and were stored in tightly sealed bottles for further experimental use.

### 3. Characterization-instrumentation

The proximate analysis was carried out according to ASTM D 3172-3175 test standards and the results were expressed in terms of moisture, volatile matter, fixed carbon and ash content. Biochemical component analysis including extractives, lignin, hemicelluloses and cellulose was do according to Technical Association of the Pulp and Paper Industry, (TAPPI) standards; T264 om-88, T222 om-88 and T203 om-83, respectively. The thermal stability was determined by TG/DTA analysis using a TG analyzer (Shimadzu, TG/DTA-50). Approximately, 10 mg of PW was heated from 30 °C to 900 °C with a heating rate of 10 °C/min under nitrogen flow rate of 20 mL/min and constantly weighed. The results are given in table 1.

**Table 1.** Proximate and biochemical component analysis of PW.

<i>Proximate analysis</i>		<i>Biochemical Component Analysis</i>	
Moisture <sup>a</sup>	4.90	Cellulose <sup>b</sup>	24.14
Ash <sup>a</sup>	2.92	Hemicellulose <sup>a</sup>	32.73
Volatile matter <sup>a</sup>	75.45	Lignin <sup>a</sup>	32.24
Fixed carbon <sup>b</sup>	16.73	Extractives <sup>a</sup>	10.89

<sup>a</sup>dry basis, %; <sup>b</sup>by difference.

Pore characterization such as surface area, pore volume and pore size distribution of activated carbons produced from PW was carried out by measuring the adsorption-desorption isotherms of nitrogen (N<sub>2</sub>) at 77 K on (Micromeritics-TriStar II Plus 3030, USA). Before analysis, samples were first degassed at 300 °C for 5 hours under vacuum to remove absorbed moisture and / or gases. The BET surface area (S<sub>BET</sub>) was determined according to the standard Brunauer-Emmett-Teller multipoint method in the region of relative pressures (0.05-0.35) close to the finished monolayers. The pore size distribution of the samples was obtained according to the Barrett-Joyner-Halenda (BJH) method. Total pore volume (V<sub>tot</sub>) was calculated from the amount of nitrogen adsorbed at P/P<sub>o</sub>=0.99. Micropore volume (V<sub>mic</sub>) was obtained by t-plot method. The pore size distribution (D<sub>p</sub>) was obtained by applying the DFT (Density Functional Theory) method to the nitrogen adsorption isotherm using the software provided by the TriStar II Plus 3030. Microporosity (V<sub>mic</sub> (%)) (V<sub>mic</sub>/V<sub>tot</sub> x 100) and mesoporosity (V<sub>mes</sub> (%)) of ACs produced (100-V<sub>mic</sub> (%)) were determined according to the total pore volume (Koyuncu et al., 2018). The experimental run of production conditions for ACs from PW are given in Table 2.

**Table 2:** The experimental runs and obtained pore characteristics results for the produced ACs.

Sample code	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	V <sub>mic</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	V <sub>mes</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	V <sub>tot</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	V <sub>mic</sub> (%)	V <sub>mes</sub> (%)	D <sub>p</sub> (nm)	Yield
<b>PWAC0.5</b>	1010.86	0.363	0.089	0.452	80.31	19.69	1.79	6.93
<b>PWAC1</b>	1525.22	0.475	0.175	0.650	73.08	26.92	1.71	5.04
<b>PWAC1.5</b>	1563.92	0.408	0.294	0.702	58.12	41.88	1.80	3.38
<b>PWAC2</b>	1042.56	0.261	0.247	0.508	51.38	48.62	1.95	1.45
<b>PWAC3</b>	716.48	0.050	0.383	0.433	11.55	88.45	2.42	1.40

## RESULTS and DISCUSSION

### 1. Proximate, biochemical component and thermal analysis of the pepper waste

Proximate, component and thermal analysis were performed to examine its suitability for AC production from pepper waste. Biomass generally consists of hemicellulose, cellulose and lignin components. Thermal analysis results are shown in figure 1. PW is biochemically lignocellulosic since it contains 56.87% holocellulose (24.14% cellulose + 32.73% hemicellulose), 32.24% lignin and 10.89% extractive substances. The high lignin content (32.24%) and low ash support that it is a suitable raw material for AC preparation (Ncibi et al., 2014).

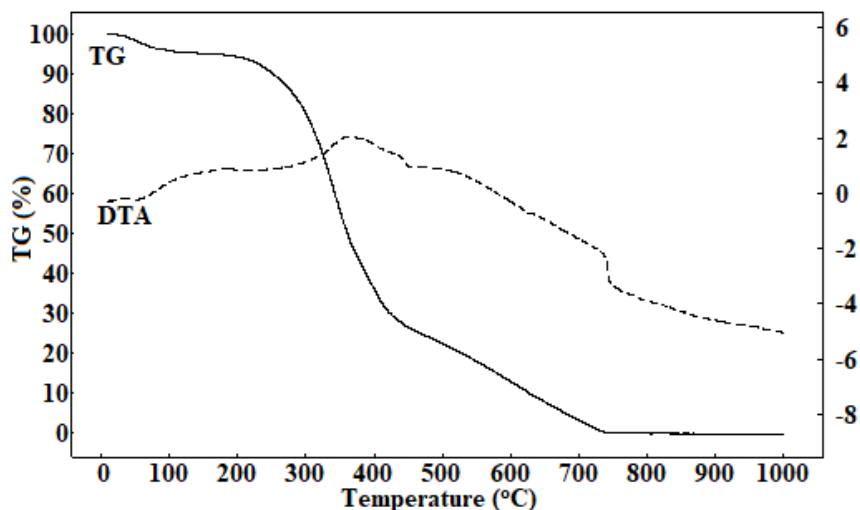


Figure 1. TG and DTA profile of raw PW

### 2. Characterization studies

The effect of chemical activator on surface area and pore characteristics was studied between 700 °C carbonization temperature, 1 hour carbonization time and 0.5 -3 impregnation rates. According to these results, the impregnation ratio of produced ACs increased from 0.5 to 1.5, while  $S_{BET}$ ,  $V_{tot}$ ,  $V_{mes}$  (%) and  $D_P$  values were respectively from 1010.86 to 1563.92 m<sup>2</sup>/g, from 0.452 to 0.702 cm<sup>3</sup>/g, from 19.69% to 41.88%, 1.79 to 1.80 nm and above 1.5 these values decrease. Consequently, the chemical impregnation ratio of 1.5 was chosen as optimum chemical impregnation ratio for use in subsequent experiments.

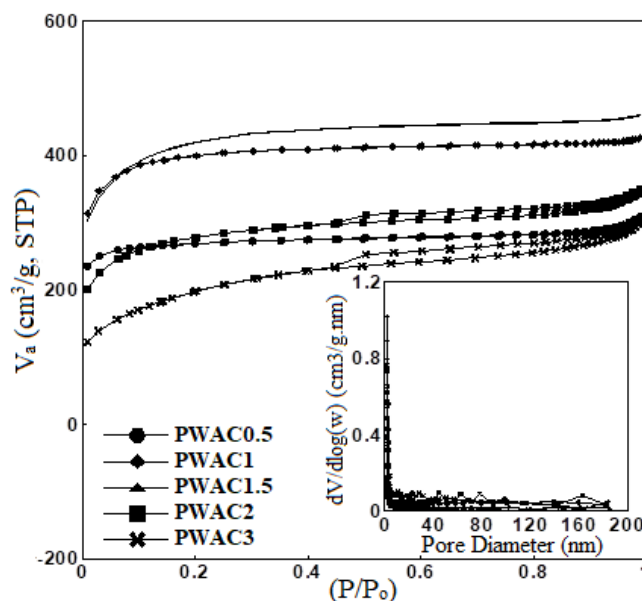


Figure 2. Nitrogen sorption-desorption isotherms and pore size distribution for ACs produced from PW at the different impregnation ratios



## CONCLUSION

In this study, it is a suitable precursor material for activated carbon production of industrial processed pepper waste. With the use of KOH as a chemical activator, the highest surface area was found to be 1563.92 m<sup>2</sup>/g at 1.5:1 impregnation ratio, 700 °C activation temperature and 1 hour activation time. Thus, the effect of the impregnation ratio on the surface area and porosity in the preparation of activated carbon was observed.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the project ZGEF.19.006 of the Dicle University Scientific Research Projects Unit (DUBAP). The author also would like to thank to the Council of Higher Education (YOK) 100/2000 Doctoral Scholarship Program and the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) 2211A Domestic Scholarship Program for supports.

## REFERENCES

- Hayashi J, Horikawa T, Takeda I, Muroyama K, ve Ani F.N, 2002. Preparing activated carbon from various nutshells by chemical activation with K<sub>2</sub>CO<sub>4</sub>, Carbon, 40(13): 2381-2386.
- Koyuncu F, Güzel F, Saygılı H, 2018. Role of optimization parameters in the production of nanoporous carbon from mandarin shells by microwave-assisted chemical activation and utilization as dye adsorbent, Advanced Powder Technology, 29(9): 2108-2118.
- Ncibi M.C, Ranguin R, Pintorb M.J, Jeanne-Rose V, Sillanpää M, Gaspard S, 2014. Preparation and characterization of chemically activated carbons derived from Mediterranean Posidonia oceanica L. Fibres, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 109: 205-214.
- Orbak İ, 2002. Tunç bilek linyitinden kimyasal aktivasyon yöntemi ile aktif karbon üretimi, İ.T.Ü. Institute of Science, Master Thesis
- Şahin Ö, Baytar O, Saka, C, 2013. Surface and porous characterization of activated carbon prepared from pyrolysis of biomass by two-stage procedure at low activation temperature and it's the adsorption of iodine, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 104: 378-383.
- Okur M, 2011. Biber salçası üretiminde ve sonrasında sorun oluşturan mikroorganizmaların tespit edilmesi ve bu sorunların giderilme yöntemlerinin belirlenmesi, Süleyman Demirel University, Master Thesis

## Investigating the effect of different activation temperature in nanoporous carbon production from industrial processed red pepper waste

Filiz Koyuncu<sup>1\*</sup>(<https://orcid.org/0000-0002-9879-8801>), Fuat GüzeL<sup>2</sup>(<https://orcid.org/0000-0002-8705-4372>)

<sup>1</sup>Dicle University, Institute of Natural and Applied Sciences, Department of Chemistry, Diyarbakır, Turkey

<sup>2</sup>Dicle University, Faculty of Education, Department of Chemistry, Diyarbakır, Turkey

\*Corresponding author e-mail: flkync@gmail.com

### Abstract

In this study, industrial processed red pepper waste were used as a new precursor material for preparation of nanoporous carbon by chemical activation method with KOH. The effect of activation temperature on the surface area and pore characterization of the synthesized nanoporous carbons was investigated. The optimum nanoporous carbon 700 °C activation temperature with the highest surface area was obtained. The surface area of the synthesized optimum nanoporous carbon was found to be 1563.92 m<sup>2</sup>/g. The results showed that it is an alternative precursor for the production of nanoporous carbon from industrial processed red pepper waste.

**Keywords:** Pepper waste, Nanoporous carbon, Activation temperature

### INTRODUCTION

Nanoporous carbons (NCs) are one of the most preferred carbon adsorbers due to their high surface area, controllable pore size distribution, high adsorption capacity and high surface reactivity (Guo and Rockstraw, 2007). NCs are widely used in various fields such as purification and separation in many industrial processes including medicinal use, gas storage, pollutant, odor removal, gas separation, catalysis, pharmaceuticals, as electrode materials in electrochemical devices and in the waste water treatment (Ceyhan et al., 2013). NCs have specific properties depending on the precursor materials and activation methods. In the chemical activation process, the precursor is impregnated with a chemical activator and the impregnated material is heated in an inert atmosphere. ZnCl<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, NaOH, AlCl<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>, etc. various chemical activators are widely used (Yavuz et al., 2010).

Commercial nanoporous carbons are high cost materials. Therefore, there is an increasing interest in nanoporous carbon production from waste materials. It is preferred that the precursor to be selected in nanoporous carbon production has high waste value, low cost and abundance. A large number of agricultural by-products, such as coffee grounds (Reffas et al., 2010), cocoa shell (Ahmad et al., 2012), waste tea (Auta and Hameed, 2011), coffee husks (Oliveira et al., 2009), rice husk (Malik, 2003; Santra et al., 2008), coconut shell (Santra et al., 2008), bael shell, grape industrial processing waste (Saygılı et al., 2015), etc. have been successfully converted into low-cost NCs. According to our literature reviews, there are no published reports on NCs production from pepper waste(PW). It is accepted that the homeland of pepper is tropical America and spread from here to the world. One of the most used types of red pepper in our country is the production of pepper paste. Red pepper paste, which has been produced at homes with traditional methods for years, mostly in South-eastern provinces of our country such as Gaziantep, Adana, and Şanlıurfa, has been produced in modern facilities in recent years and has become a developing sector in many regions (Okur, 2011). Turkey pepper production volume is approximately 2.5 million tons in 2017. 44% of this production with 1.1 million tons consists of pepper for paste. Pepper waste is between 15% and 25% in pepper paste production.

### MATERIALS AND METHODS

#### 1. Materials

PW was collected from a local pepper paste production factory. It was washed several times with distilled water to remove dust and other inorganic impurities and then dried naturally. Then, the dried shells were crushed prior to chemical activation. KOH is used as a chemical activator.

#### 2. Pepper waste nanoporous carbon production

When preparing the nanoporous carbon, the impregnation ratio of 1.5: 1 was chosen. First, the (KOH/PW, w/w) slurry prepared at a ratio of 1.5: 1 was dried in an air oven at 105 °C for 24 hours. Then, carbonization was carried out by heating the prepared slurries in a horizontal stainless steel tube (7.0 cm diameter 100 cm long) under nitrogen atmosphere (99.99%) flow (100 mL/min) at different activation temperatures (500-800 °C). The produced NCs were cooled to room temperature under nitrogen flow. It was washed with purified water until neutral pH values were reached and dried in an oven at 105 °C overnight. It helps to remove ash remaining in the environment and to open and develop the porosity of carbon. Finally, it was sieved to a particle size smaller than 0.120 mm and were stored in tightly sealed bottles for further experimental use.

### 3. Characterization-instrumentation

The proximate analysis was carried out according to ASTM D 3172-3175 test standards and the results were expressed in terms of moisture, volatile matter, fixed carbon and ash content. Biochemical component analysis including extractives, lignin, hemicelluloses and cellulose was do according to Technical Association of the Pulp and Paper Industry, (TAPPI) standards; T264 om-88, T222 om-88 and T203 om-83, respectively. The thermal stability was determined by TG/DTA analysis using a TG analyzer (Shimadzu, TG/DTA-50). Approximately, 10 mg of PW was heated from 30 °C to 900 °C with a heating rate of 10 °C/min under nitrogen flow rate of 20 mL/min and constantly weighed. The results are given in table 1.

**Table 1.** Proximate and biochemical component analysis of PW.

<i>Proximate analysis</i>		<i>Biochemical Component Analysis</i>	
Moisture <sup>a</sup>	4.90	Cellulose <sup>b</sup>	24.14
Ash <sup>a</sup>	2.92	Hemicellulose <sup>a</sup>	32.73
Volatile matter <sup>a</sup>	75.45	Lignin <sup>a</sup>	32.24
Fixed carbon <sup>b</sup>	16.73	Extractives <sup>a</sup>	10.89

<sup>a</sup>dry basis, %; <sup>b</sup>by difference.

Pore characterization such as surface area, pore volume and pore size distribution of nanoporous carbons produced from PW was carried out by measuring the adsorption-desorption isotherms of nitrogen (N<sub>2</sub>) at 77 K on (Micromeritics-TriStar II Plus 3030, USA). Before analysis, samples were first degassed at 300 °C for 5 hours under vacuum to remove absorbed moisture and/or gases. The BET surface area (S<sub>BET</sub>) was determined according to the standard Brunauer-Emmett-Teller multipoint method in the region of relative pressures (0.05-0.35) close to the finished monolayers. The pore size distribution of the samples was obtained according to the Barrett-Joyner-Halenda (BJH) method. Total pore volume (V<sub>tot</sub>) was calculated from the amount of nitrogen adsorbed at P/P<sub>o</sub>=0.99. Micropore volume (V<sub>mic</sub>) was obtained by t-plot method. The pore size distribution (D<sub>p</sub>) was obtained by applying the DFT (Density Functional Theory) method to the nitrogen adsorption isotherm using the software provided by the TriStar II Plus 3030. Microporosity (V<sub>mic</sub>(%)) (V<sub>mic</sub>/V<sub>tot</sub> x 100) and mesoporosity (V<sub>mes</sub>(%)) of NCs produced) (100-V<sub>mic</sub>(%)) were determined according to the total pore volume (Koyuncu et al., 2018). The experimental run of production conditions for NCs from PW are given in Table 2

**Table 2:** The experimental runs and obtained pore characteristics results for the produced NCs.

Sample code	S <sub>BET</sub> (m <sup>2</sup> /g)	V <sub>mic</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	V <sub>mes</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	V <sub>tot</sub> (cm <sup>3</sup> /g)	V <sub>mic</sub> (%)	V <sub>mes</sub> (%)	D <sub>p</sub> (nm)	Yield
PWAC500	571.71	0.189	0.066	0.255	74.12	25.88	1.78	5.63
PWAC600	912.86	0.328	0.056	0.384	85.42	14.58	1.68	5.11
PWAC700	1563.92	0.408	0.294	0.702	58.12	41.88	1.80	4.23
PWAC800	1455.63	0.483	0.132	0.615	78.54	21.46	1.69	3.4

## RESULTS and DISCUSSION

### 1. Proximate, biochemical component and thermal analysis of the pepper waste

Proximate, component and thermal analysis were performed to examine its suitability for nanoporous carbon production from pepper waste. Biomass generally consists of hemicellulose, cellulose and lignin components. Thermal analysis results are shown in figure 1. PW is biochemically lignocellulosic since it contains 56.87% holocellulose (24.14% cellulose + 32.73% hemicellulose), 32.24% lignin and 10.89% extractive substances. The high lignin content (32.24%) and low ash support that it is a suitable raw material for NC preparation (Ncibi et al., 2014).

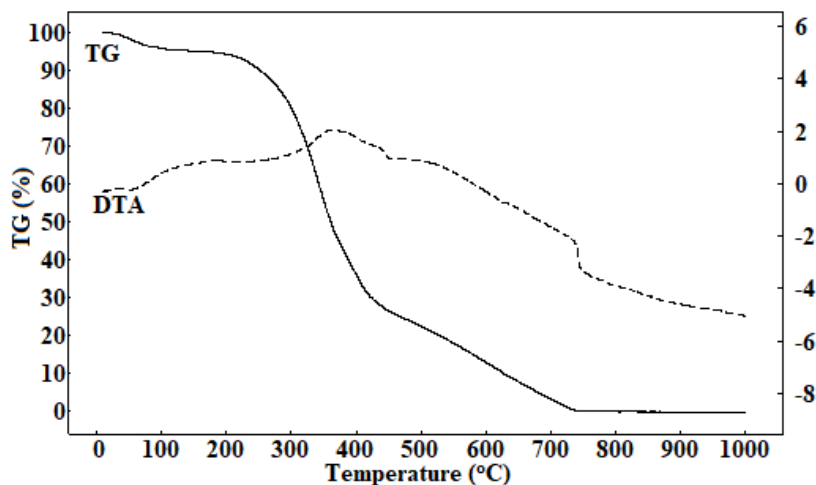


Figure 1. TG and DTA profile of raw PW

### 2. Characterization studies

The effect of activation temperature on surface area and pore characteristics was studied 1.5:1 impregnation rates, 1 hour activation time and 500-800 °C between activation temperature. The results of the generated NCs are shown in Table 1. According to these results, the activation temperature of produced NCs increased from 500 to 700 °C, while  $S_{BET}$ ,  $V_{tot}$ ,  $V_{mes}(\%)$  and  $D_p$  values were respectively from 571.71 to 1563.92 m<sup>2</sup>/g, from 0.255 to 0.702 cm<sup>3</sup>/g, from 25.88% to 41.88%, 1.78 to 1.80 nm and above 700 °C these values decrease. As a result of these studies, the activation temperature of 700 °C was determined in the preparation of nanoporous carbon. The activation temperature complies with the TGA thermogram. It can be said that the shrinkage of the pores over time at high temperatures and the destruction of their walls continue.

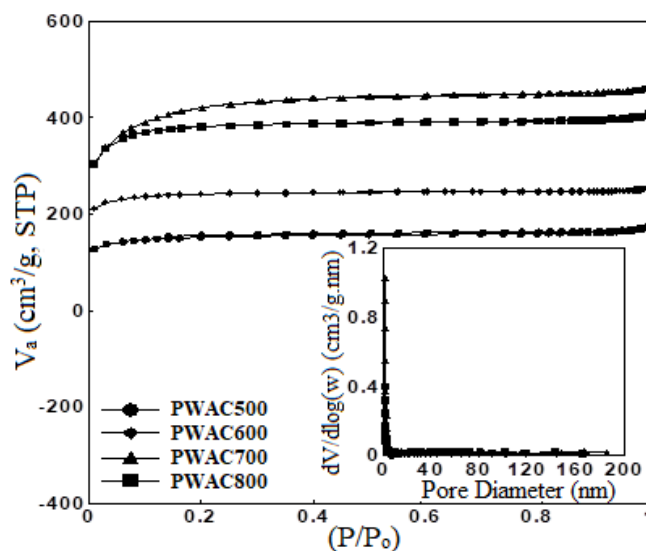


Figure 2. Nitrogen sorption-desorption isotherms and pore size distribution for NCs produced from PW at the different impregnation ratios

## CONCLUSION

In the present study, preparation process of NC from PW was performed by KOH chemical activation. The most important optimization parameter was found to be activation temperature. The optimal conditions are estimated to be impregnation rate of 1.5:1, activation temperature 700 °C and activation time of 1 h, respectively. The characterization tests indicated that the BET surface area, total pore volume and average pore diameter of the PW700 prepared under the optimum conditions were 1563.92 m<sup>2</sup>/g, 0.702 cm<sup>3</sup>/g and 1.80 nm respectively. Thus, the effect of the activation temperature on the surface area and porosity in the preparation of nanoporous carbon was observed.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was funded by the project ZGEF.19.006 of the Dicle University Scientific Research Projects Unit (DUBAP). The author also would like to thank to the Council of Higher Education (YOK) 100/2000 Doctoral Scholarship Program and the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) 2211A Domestic Scholarship Program for supports.

## REFERENCES

- Ahmad F, Daud W.M.A.W, Ahmad M.A, Radzi R, 2012. Cocoa (Theobroma cacao)shell-based activated carbon by CO<sub>2</sub> activation in removing of cationic dye from aqueous solution: kinetics and equilibrium studies, *Chemical Engineering Research and Design*, 90(10): 1480-1490.
- Auta M, Hameed B.H, 2011. Optimized waste tea activated carbon for adsorption of Methylene Blue and Acid Blue 29 dyes using response surface methodology, *Chemical Engineering Journal*, 175: 233-243.
- Ceyhan A.A, Sahin O, Saka C, Yalçın A, 2013. A novel thermal process for activated carbon production from the vetch biomass with air at low temperature by two-stage procedure, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 104: 170-175.
- Guo Y, Rockstraw D.A, 2007. Activated carbons prepared from rice hull by one-step phosphoric acid activation, *Microporous and Mesoporous Materials*, 100: 12–19.
- Koyuncu F, Güzel F, Saygılı H, 2018. Role of optimization parameters in the production of nanoporous carbon from mandarin shells by microwave-assisted chemical activation and utilization as dye adsorbent, *Advanced Powder Technology*, 29(9): 2108-2118.
- Malik P.K, 2003. Use of activated carbons prepared from sawdust and rice-husk for adsorption of acid dyes: a case study of Acid Yellow 36, *Dyes Pigments*, 56(3): 239-249.
- Ncibi M.C, Ranguin R, Pintorb M.J, Jeanne-Rose V, Sillanpää M, Gaspard S. 2014. Preparation and characterization of chemically activated carbons derived from Mediterranean *Posidonia oceanica* L. Fibres, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 109: 205-214.
- Okur M, 2011. Biber salçası üretiminde ve sonrasında sorun oluşturan mikroorganizmaların tespit edilmesi ve bu sorunların giderilme yöntemlerinin belirlenmesi, Süleyman Demirel University, Master Thesis
- Oliveira L.C, Pereira E, Guimaraes I.R, Vallone A, Pereira M, Mesquita J.P, Sapag K, 2009. Preparation of activated carbons from coffee husks utilizing FeCl<sub>3</sub> and ZnCl<sub>2</sub> as activating agents, *Journal Hazardous Materials*, 165(1-3): 87-94.
- Reffas A, Bernardet V, David B, Reinert L, Lehocine M.B, Dubois M, Batisse N, Duclaux L, 2010. Carbons prepared from coffee grounds by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> activation: characterization and adsorption of methylene blue and Nylosan red N-2RBL, *Journal Hazardous Materials*, 175(1-3): 779-788.
- Santra A.K, Pal T.K, Datta S, 2008. Removal of metanil yellow from its aqueous solution by fly ash and activated carbon produced from different sources, *Separation Science Technology*, 43(6): 1434-1458.
- Saygılı H, Güzel F, Önal Y, 2015. Conversion of grape industrial processing waste to activated carbon sorbent and its performance in cationic and anionic dyes adsorption, *Journal Cleaner Production*, 93: 84-93.
- Yavuz R, Akyıldız H, Karatepe N, Çetinkaya E, 2010. Influence of preparation conditions on porous structures of olive stone activated by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, *Fuel Processing Technology*, 91: 80–87.

## Sinyal bozucu için 2.4 GHz merkez frekanslı taramalı osilatör tasarımı

Mümin Yaşar Ayaz (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2914-4393>), Ercan Yıldız (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2245-0654>), Oğuzhan Salih Güngör (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8556-6350>)

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölümü,  
Konya, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: yasarayz@hotmail.com, eyaldiz@ktun.edu.tr, ogzhn-slh@hotmail.com

### Özet

Günümüzde başka sistemlerle iletişim kurarak yönlendirilebilen veya uzaktan kumanda edilebilen hareketli araçların kullanımı oldukça yaygındır. Yetkilendirilmemiş kişilerce kötü amaçlı kullanılan bu araçların güvenlik görevlileri tarafından etkisiz hale getirilmesi gerekmektedir. Bu araçlardan biri olan Drone'lar üç veya dört temel frekans bandında komut almaktadırlar. Bu bantlardan en yaygın olanı 2.4 GHz merkez frekanslı banttır. Yani 2.3–2.5 GHz aralığında sinyal alıp göndermesi muhtemeldir. Bu çalışmada Drone'lar veya buna benzer tehlike oluşturabilecek cihazlara karşı kullanılacak Jammer (sinyal bozucu) tasarımında kullanmak amacıyla Taramalı Osilatör tasarımı yapılmıştır. Bu amaçla 2.4 GHz merkez frekanslı bir voltaj kontrollü osilatör (VCO) seçilmiştir. Sinyal bozucunun geniş bir aralıkta etkili olması için 1350 Hz frekanslı bir Üçgen Dalga Üretici çıkışı VCO ayar girişine uygulanarak VCO çalışma bandında tarama yapması sağlanmıştır. Üçgen Dalga Üretici simetrik çıkış verdiği için, VCO girişine uygun hale getirmek için tersleyici Opamp ile gerçekleştirilen toplayıcı devresi ile 0-5 V arası değişen üçgen dalga şekli elde edilmiştir. Spektrum analizör ile yapılan ölçümlerde VCO çıkışında 2.25-2.5 GHz bandında hızlı bir tarama gözlenmiştir. Devam eden çalışmada üçgen dalgaya bir Gürültü Üretici eklenerek söz konusu banda etkisi incelenecektir. Üretilen bozucu tarama sinyalinin gücü yetersiz olduğundan, bir RF Güç Yükseltici ve Yönlü Anten kullanılması durumunda hedeflenen aracın etkisiz hale getirilmesi mümkün olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Jammer (sinyal bozucu), Voltaj kontrollü osilatör (VCO), Drone

### 2.4 GHz center frequency scanning oscillator design for jamming

#### Abstract

Today, the use of mobile vehicles that can be directed or remotely controlled by communicating with other systems is quite common. These tools, which are used maliciously by unauthorized people, must be neutralized by security guards. Drones, one of these tools, receive commands in three or four fundamental frequency bands. The most common of these bands is the 2.4 GHz center frequency band. In other words, it is likely to receive and send signals in the 2.3–2.5 GHz range. In this study, a Scanning Oscillator has been designed to be used in the design of a jammer to be used against drones or similar dangerous devices. For this purpose, a 2.4 GHz center frequency voltage-controlled oscillator (VCO) was chosen. In order for the jammer to be effective in a wide range, a Triangle Wave Generator output with a frequency of 1350 Hz is applied to the VCO adjustment input, allowing it to scan in the VCO working band. Since the Triangle Wave Generator gives symmetrical output, a triangular wave shape varying between 0-5 V has been obtained with the summing circuit realized with the inverting opamp in order to make it suitable for the VCO input. In the measurements made with the spectrum analyzer, a fast scan was observed in the 2.25-2.5 GHz band at the VCO output. In the ongoing study, a Noise Generator will be added to the triangle wave and its effect on the band will be examined. Since the generated interference scanning signal has insufficient power, it will be possible to neutralize the targeted vehicle if an RF Power Amplifier and Directional Antenna are used.

**Keywords:** Jammer, Voltage-controlled oscillator (VCO), Drone

### GİRİŞ

Kablosuz, radyo frekans (RF) sinyal kullanımı, başta ses, görüntü ve veri iletimi olmak üzere insan hayatına pek çok kolaylıklar sağlamakta ve uygulama sayısı her geçen gün artmaktadır. İstenilen frekanslarda yayınlar yapmak, bu yayınlar ile sağlıklı iletişimler kurup komutlar vermek kullanılan elektronik cihazlar ve kullanıcılar

açısından önem arz etmektedir. Günümüzde başka sistemlerle iletişim kurarak yönlendirilebilen veya uzaktan kumanda edilebilen hareketli araçların kullanımı da oldukça yaygındır [1-7].

Yeni nesil hareketli araçların başında bir İHA çeşidi olan Drone'lar gelmektedir. Hobi amaçlı fotoğraf ve video çekmek, görüntü aktarmaktan, kurye veya kargo olarak kullanıma kadar pek çok uygulamaya sahiptir. Drone'lar günümüzde yararlı kullanımların yanı sıra kötü amaçlı kullanıcılar tarafından tehlike oluşturabilecek durumlarda da kullanılabilir. Bu tehlikenin önlenmesi için, kötü amaçlı Drone'ların etkisiz hale getirilmesi gerekmektedir [7].

Drone'lar üç veya dört temel frekans bandında komut almaktadırlar. En yaygın olarak kullanılan frekans bandı 2.4 GHz frekansındır. Bu çalışmada Drone'lar veya buna benzer tehlike oluşturabilecek cihazlara karşı kullanılacak Jammer (sinyal bozucu) için Taramalı Osilatör tasarımı yapılmıştır.

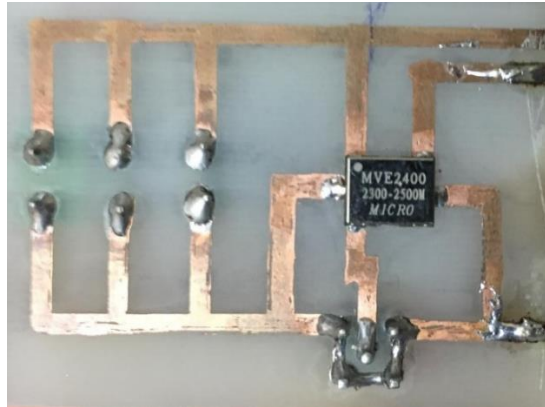


Şekil 1. Drone

Özellikle yüksek frekanslarda sinyal üretmek için genellikle voltaj kontrollü osilatör kullanılmaktadır. PLL devrelerinde, frekans modülasyonunda (FM), frekans sentezleyicilerde, Jammer'larda, kod çözücülerde yaygın olarak kullanılırlar. Voltaj kontrollü osilatör (VCO), devre rezonans bölümünde voltaj değişikliği gördüğü anda çıkışındaki sinyalin frekansını değiştiren devredir. Bir diğer anlatım ile giriş voltajı ile osilasyon frekansının değiştiği devrelerdir. Osilasyonun frekansı, uygulanan DC gerilime bağlıdır [5-6-8].

## MATERYAL VE METOD

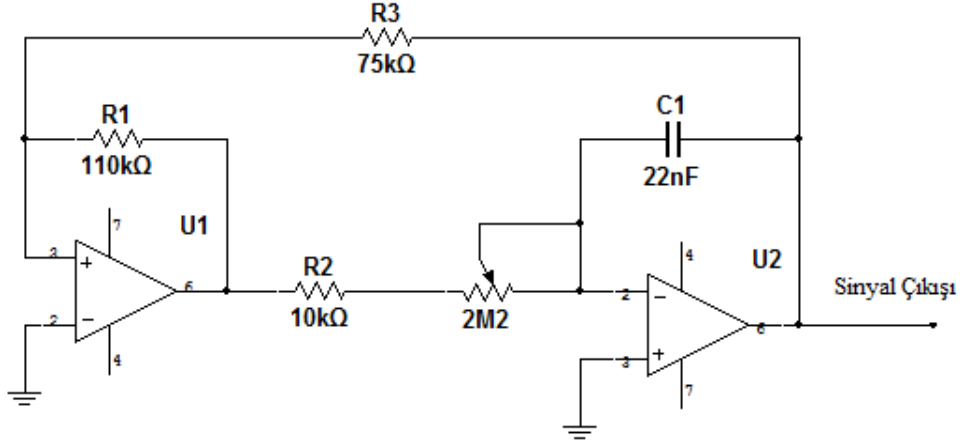
Yaygın olarak kullanılan frekans bandında yapılan iletişimi kesmek amacıyla 2.4 GHz merkez frekanslı bir gerilim kontrollü osilatör (MVE-2400) seçilmiştir. İlk VCO denemesi için gerçekleştirilen PCB devre montajı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. PCB üzerinde VCO montajı

Tek bir frekansa odaklanmaktan ziyade belirli bir frekans bandını tarayarak, oluşabilecek yakın frekanslardaki iletişim ihtimallerini de engellemek amaçlanmıştır. Seçilen voltaj kontrollü osilatör 2.25-2.50 GHz frekans aralığında tarama yapmaya olanak sağlamaktadır.

VCO çıkışının belirli bir aralığı taraması için uygun şekilde yükselen ve düşen kenarlı üçgen dalga, istenilen dalga şekline sahiptir [2-5]. İki opamp entegresi (LM741) ile gerçekleştirilen Üçgen dalga üretici devresi Şekil 4'te verilmiştir. Tarama frekansı potansiyometre ile 1.35 kHz olarak ayarlanmıştır.

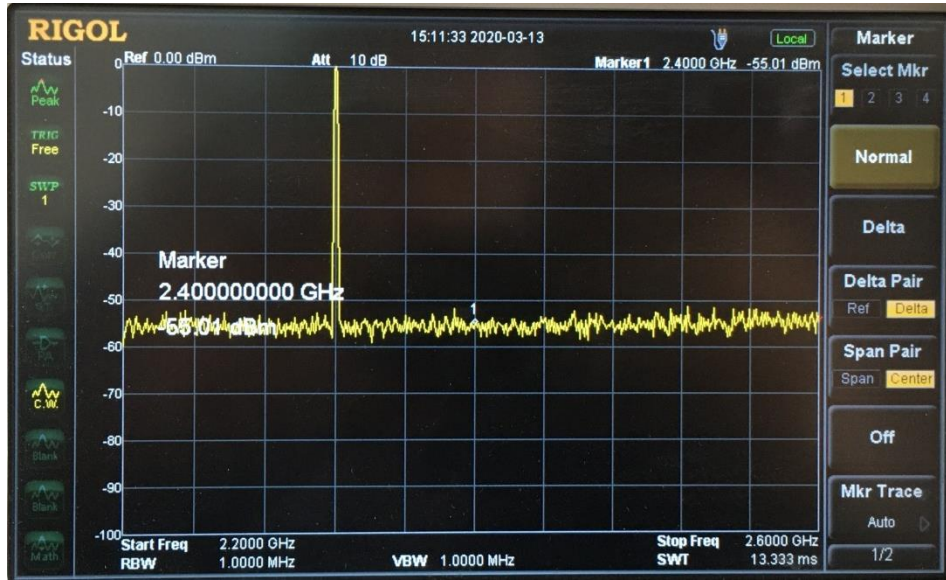


Şekil 3. Üçgen dalga üretici devre şeması

Şekil 3'deki Üçgen dalga üretici simetrik çıkış verdiği için, VCO girişine uygun hale getirmek için, opamp ile gerçekleştirilen toplayıcı devresi ile 0-5 V arası değişen üçgen dalga şekli elde edilmiştir.

### ÖLÇÜM SONUÇLARI

VCO'nun sabit giriş durumundaki çıkış sinyaline ait spektrum analizör görüntüsü Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Gerilim kontrollü osilatör (VCO) çıkış sinyali

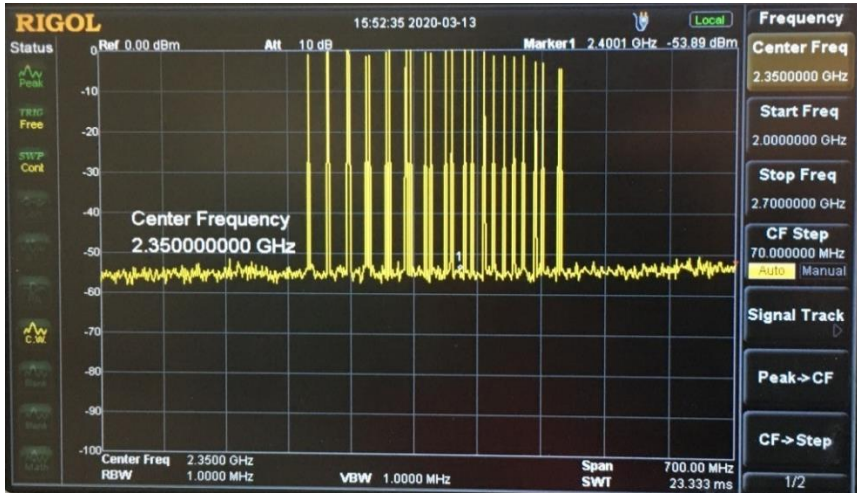
Bozucunun geniş bir aralıkta etkili olması için 1.35 kHz frekanslı Üçgen dalga üretici çıkışına ait osiloskop görüntüsü Şekil 5'de verilmiştir.





Şekil 5. Üçgen dalga üretici çıkış sinyali

Üçgen dalga üretici çıkışı VCO ayar girişine uygulanarak, VCO çalışma bandında tarama yapması sağlanmıştır. Spektrum analizör ile yapılan ölçümlerde VCO çıkışında 2.25-2.5 GHz bandında hızlı bir tarama gözlenmiştir (Şekil 6 ve Şekil 7’de farklı çözünürlük bant genişliği ile).



Şekil 6. Taramalı Osilatör çıkış sinyali

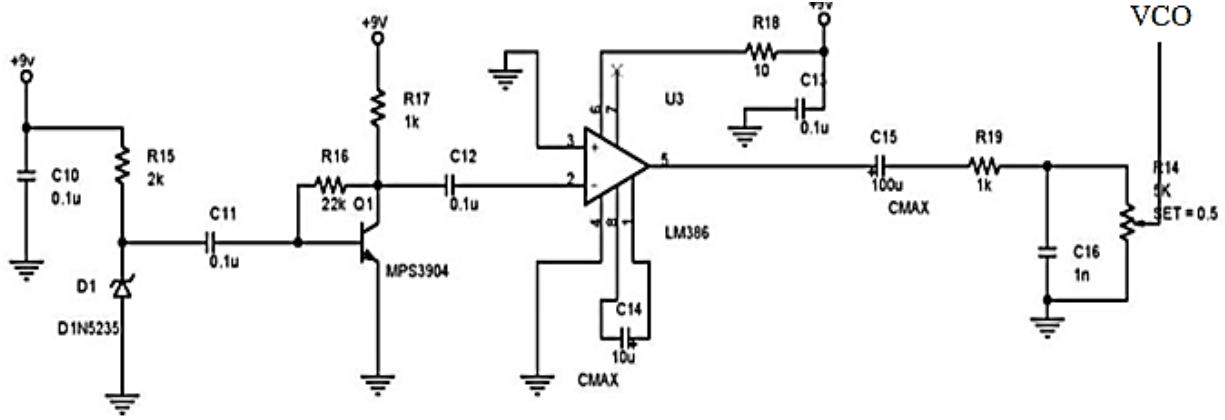


Şekil 7. Taramalı Osilatör çıkış sinyali – 2

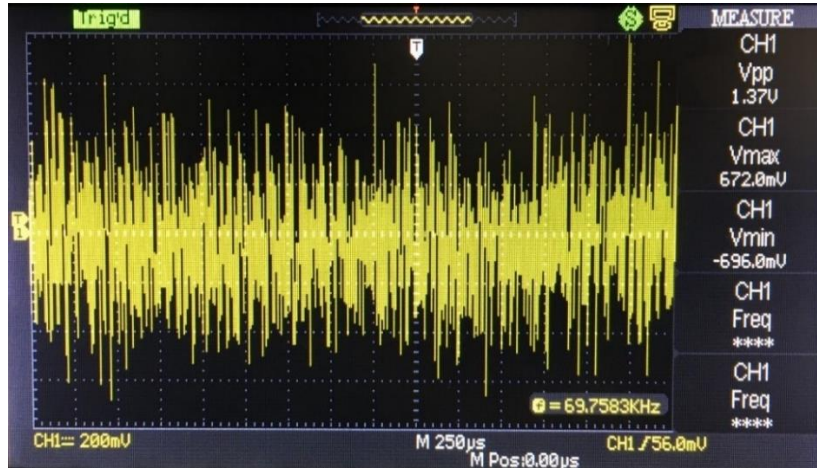
## GÜRÜLTÜ ÜRETECİ EKLENMESİ VE SONUÇLAR

Drone Jammer Tasarımı'nda kullanılmak üzere tasarlanan Taramalı Osilatör'de iletim sinyallerinin engellenmesine yardımcı olması amacıyla elde edilen üçgen dalgaya LM386 ile oluşturulan bir Gürültü Üreteci devresi eklenmiştir. Gürültü üreteci devresi Şekil 8'de gösterilmektedir [3-4].

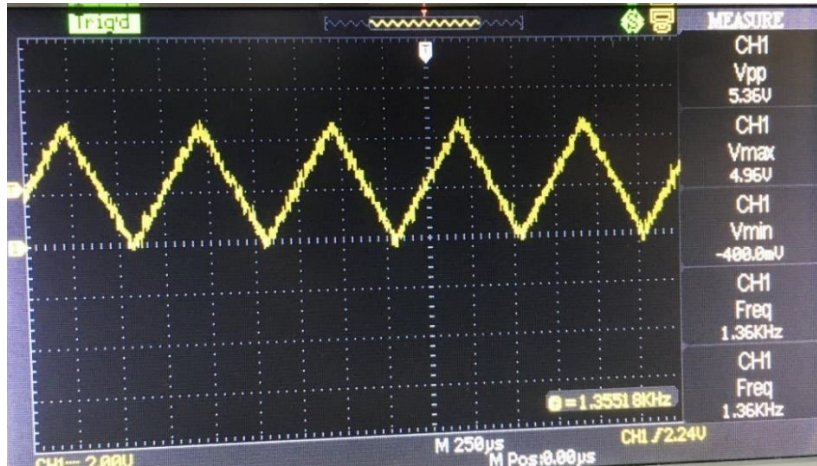
Tek başına Gürültü Üreteci devresi çıkış sinyalinin osiloskop görüntüsü Şekil 9'da görülmektedir. Söz konusu gürültünün Üçgen Dalga çıkış sinyaline etkisi Şekil 10'da; Taramalı Osilatör çıkış sinyaline etkisi Şekil 11'de görülmektedir.



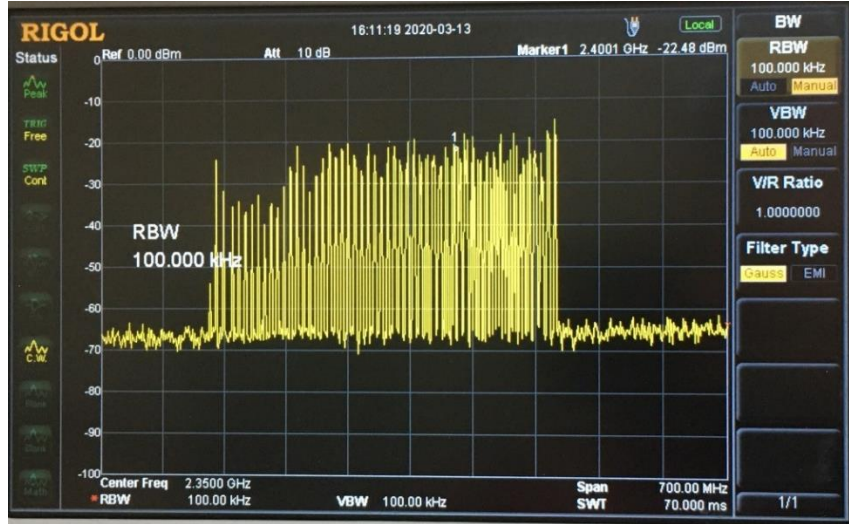
Şekil 8. Gürültü üreteci devresi [3]



Şekil 9. Gürültü üreteci çıkış sinyali



Şekil 10. Gürültü üreteci çıkış sinyali uygulanmış üçgen dalga sinyali



Şekil 11. Eklenen gürültü sinyali sonucu taramalı osilatör çıkış sinyali

## SONUÇLAR

Bu çalışmada Drone Jammer (sinyal bozucu)'da kullanılması amacıyla 2.4 GHz merkez frekansında, 2.25-2.5 GHz frekans aralığında çıkış sinyali veren Taramalı Osilatör tasarımı yapılmıştır. İstenilen frekans aralığında daha etkili bir baskılamaya yapılmasını sağlamak amacıyla gürültü sinyali üretilip çıkış sinyalindeki değişimler gözlemlenmiş ve olumlu sonuçlar alınmıştır.

VCO çıkış sinyalinin gücü, veri iletimini engellemek için çok düşüktür. Taramalı Osilatör çıkış sinyali, RF güç yükseltici ile yükseltilecek uzak mesafe için istenilen güç seviyesi elde edilmelidir. Uygulama türüne göre seçilecek yönlü ve yönsüz anten tipleri de etkisiz hale getirilecek Drone'a ulaşacak güç çıkışını farklı düzeyde etkileyecektir. Eğer bozucu RF sinyal belirli bir alana gönderilmek istenirse yönlü anten ile ek kazanç sağlanarak çıkış gücü bir miktar daha yükseltilebilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Eriksson N., 2018. Master's thesis: Conceptual study of a future drone detection system. Department of Industrial and Materials Science Chalmers University of Technology Gothenburg, Sweden: 112-140.
- [2] Gopalan KG., 1996. Introduction to Digital Microelectronic Circuits. Irwin, New York: pp. 496-500.
- [3] Jisrawi A., GSM-900 Mobile Jammer. Jordan University of Science and Technology Electrical Engineering Department, 2-26.
- [4] Jisrawi A., Drones Jammer. Jordan University of Science and Technology Electrical Engineering Department: 2-9.
- [5] Ördk O., Gültepe S.E., Oflazoğlu S., 2011. GKO (Gerilim kontrollü osilatör) besleme ve kontrol devrelerinin tasarımı ve gerçekleştirilmesi. Bitirme Çalışması, 3-44.
- [6] Smith Jack R., 1998. Modern Communication Circuits, Professor of Electrical Engineering University of Florida, Second Edition, Chapter 7-8.
- [7] Walters MD., 2016. Countering the Emerging Small UAS Threat: The Case for a Coherent Canadian Counter SUAS Strategy, Canadian Forces College: 89-99.
- [8] Young Paul H., 1994. Electronic Communication Technique, Tacan Corporation, Third Edition, Chapter 2.

## Vegan beslenmede yeni yaklaşımlar

Yağmur Gediz<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9309-2474>), Özlem Çağındı<sup>2\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6436-9208>)

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Manisa, Türkiye

<sup>2\*</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Manisa, Türkiye  
\*Sorumlu yazar e-mail: [ozlem.cagindi@cbu.edu.tr](mailto:ozlem.cagindi@cbu.edu.tr)

### Özet

Beslenme, bireyin yaşamsal faaliyetlerini tam ve eksiksiz olarak yerine getirebilmesi için gerekli besin maddelerinin tüketilmesidir. Bu süreç anne karnından başlayarak yaşam sonuna kadar devam etmektedir. Bireyin içinde bulunduğu toplum, aile yaşantısı, çevresel koşullar, gelenek-görenek, din ve ahlak gibi konular beslenme tarzını etkilemektedir. Besleme biçimlerinden biri olan vegan beslenme de; din ve ahlaki değerleri göz önünde bulunduran bir beslenme tarzıdır ve bu beslenme tarzını benimseyen bireyler, hiçbir et ürününü tüketmemektedir. Bunun yanı sıra hayvanlardan elde edilen süt, yumurta, bal gibi ikincil ürünlere de beslenmelerinde yer vermez, ayrıca üretiminde hayvanların kullanıldığı giysi, ilaç, kozmetik ürünlerini kullanmazlar. Vegan beslenme tahıl ve sebze gruplarını içerdiğinden dolayı antioksidanlar, C ve E vitamini bakımından avantaj sağlayabilmektedir. Ancak hayvan kaynaklı ürünlerin beslenmeden çıkarılması ile özellikle B<sub>12</sub> vitamini ile beraber protein, D vitamini, iyot, çinko, kalsiyum, demir gibi besin öğeleri vücuda yeteri miktarda alınamamakta ve bu durum beraberinde ciddi rahatsızlıkları getirmektedir. Bu önemli besin öğelerinin eksikliğinin giderilmesinde bitki kaynaklı süt (soya, badem, pirinç), peynir (tofu), bitki kaynaklı et (seitan, soya kıyması), süt kaynaklı olmayan probiyotik gıda ürünlerinden yararlanılmaktadır. Ancak, hayvansal gıdanın kesinlikle tüketilmediği bu beslenme biçiminde, ciddi beslenme eksikliklerinin tamamlanması adına fonksiyonel ürünlerin geliştirilmesi kaçınılmaz olmuştur. Bu amaçla yapılan çalışmalar, eksikliği görülen vitamin, mineral ve yüksek proteince zenginleştirilmiş ürünlere yönelik olmaktadır. Yapılan yenilikçi çalışmalar arasında, bitkisel kaynaklı et ürünleri ve bitki kaynaklı yumurta alternatifleri bulunmaktadır. Bitkisel kaynaklı et ürünleri arasında yer alan et analogları hayvansal etlere göre daha yüksek oranda protein ve lif içererek eksiklerin giderilmesini sağlamaya yöneliktir. Vegan gıda ürünlerinde yapılan zenginleştirmeler (B<sub>12</sub> vitamini ile zenginleştirilmiş soya sütü, B<sub>12</sub> ilaveli diş macunu vb.), birbirileri ile sinerjistik etki gösteren bitki kaynaklarının beraber tüketimi, eksikliği görülen öğelerin vücutta emilimini ve dengesini sağlamaktadır. Bu çalışmada vegan beslenme ve sağlık üzerine etkileri ile beraber geliştirilmekte olan vegan gıda ürünleri incelenerek derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Vegan beslenme, soya, bitki kaynaklı et, sağlık, beslenme.

### New approaches in vegan nutrition

#### Abstract

Nutrition is the consumption of necessary nutrients to fulfil the vital activities of a person completely and completely. This process starts from the mother's womb and continues until the end of life. Issues such as society, family life, environmental conditions, customs, traditions, religion and morality affect the diet of the individual. Vegan diet, which is one of the feeding forms; It is a diet that considers religious and moral values and individuals who adopt this diet do not consume any meat products. Also, they do not include secondary products such as milk, eggs and honey obtained from animals in their nutrition, and they do not use clothes, medicines, cosmetics that animals are used in their production. Since vegan nutrition includes cereal and vegetable groups, it can be advantageous in terms of antioxidants, vitamins C and E. However, with the exclusion of animal-derived products from the diet, especially vitamin B<sub>12</sub> as well as nutrients such as protein, vitamin D, iodine, zinc, calcium, iron cannot be taken into the body in sufficient quantities and this situation brings serious disorders. Plant-derived milk (soy, almond, rice), cheese (tofu), plant-derived meat (seitan, soy meat), non-dairy probiotic food products are used to overcome the deficiency of these important nutrients. However, it has become inevitable to develop functional products to complete serious nutritional deficiencies in this diet where animal food is not consumed. Studies conducted for this purpose are aimed at products enriched in vitamins, minerals and high protein, which are deficient. Among the innovative studies conducted are plant-derived meat products and plant-derived egg alternatives. Meat analogues, which are among plant-

based meat products, are aimed at eliminating the deficiencies by containing higher protein and fibre than animal meat. The enrichments made in vegan food products (soy milk enriched with vitamin B<sub>12</sub>, toothpaste with B<sub>12</sub>, etc.), the consumption of plant sources that have synergistic effects with each other, provide the absorption and balance of the deficient elements in the body. In this study, vegan food products that are being developed with their effects on vegan nutrition and health were examined and compiled.

**Keywords:** Vegan nutrition, soy, plant-derived meat, health, nutrition.

## GİRİŞ

Beslenme anne karnından başlayarak yaşamın sonuna kadar devam eder (Arslan, 2018). Beslenme ile vücutta hücre yenilenmesi, doku onarımı ve vücut direncinin artırılması sağlanır (Yücel, 2015). Büyüme ve gelişmenin sağlanması ile sağlıklı bir yaşam sürmek için kişinin gerekli olan besin öğelerini eksiksiz ve yeterli miktarda vücuduna alması gerekmektedir (Çetin, 2007). Bu durumda beslenme kişi için gerekliliktir (Yücel, 2015). Beslenmede amaç kişinin cinsiyeti, yaşı, fiziksel durumu (hamile, çocuk, çalışma durumu vb.) gibi faktörler dikkate alındığında, ihtiyaç duyduğu besin öğelerini yeterli ve dengeli olarak vücuda almasının sağlanmasıdır. Yeterli beslenme ile bireyin günlük ihtiyaç duyduğu enerji karşılanmaktadır. Ancak dengeli beslenmede birey enerji haricinde vücut için gerekli olan protein, yağ, karbonhidrat, vitamin ve mineralleri de alır (Arslan, 2018). Beslenmeyi cinsiyet, toplum yapısı, din, kültür ile örf ve adetler gibi pek çok faktör etkilemektedir (Çetin, 2007).

Vegan beslenme, hayvan kaynaklı et ve bal, süt, yumurta gibi hiçbir hayvan kaynaklı ikincil ürünün tüketilmediği, ürünlerin kullanılmadığı beslenme tarzıdır. Hayvan kaynaklı ürünlerin diyetten tamamen çıkarılması ile önemli besin öğelerinin vücuda alınmasında eksiklikler meydana gelir. Oluşan eksikliklerin giderilmesi amacıyla hayvan kaynaklı ürünlerin yerine geçebilecek, besin değeri yüksek soya sütü, soya yoğurdu, tofu ve seitan gibi ürünler vegan bireyler tarafından kullanılmaktadır. Günümüz ürünlerinden farklı olarak vegan beslenmede yeni ürünler çalışılmaya başlanmış ve bazıları tüketiciye sunulmuştur. Et analogları, 3D et ve vegan yumurta gibi üretimi gerçekleştirilen ürünler ile hayvan kaynaklı ürünlerin görünüm, içerik ve duyusal olarak gerçek anlamda temsil etmesi hedeflenmiştir.

## VEGAN BESLENME

Vejetaryen beslenmenin alt dallarından olan vegan beslenmede bireyler et ve hayvanlardan elde edilen bal, yumurta, süt ve jelatin gibi ikincil ürünleri de tüketmez. Aynı zamanda bu beslenme tarzını benimseyen bireyler üretiminde hayvanların kullanıldığı ilaç, kozmetik ürünü ve giysileri de kullanmamaktadırlar (Karabudak, 2012; Tunçay Son ve Bulut, 2016; Rosenfeld, 2019). Vegan beslenme kişilik, ahlak ve yaşam tarzı ile ilişkilidir. Vegan beslenmenin tercih edilmesinde kişinin neden bu beslenme tarzını (sağlık, ahlak, din) benimsediği esas noktadır (Greenebaum, 2012). Vejetaryen beslenmede olduğu gibi vegan beslenme de kendi içinde alt gruplara ayrılmaktadır. Bunlar; zenmakrobiyotik diyet, fruvitarianlar/früitistler ve ravistlerdir.

Zenmakrobiyotik diyet: Beslenmede tahıl, meyve ve sebze ile baklagiller tüketilir. Ancak bazı bireyler sadece tahıl grubu ile beslenmektedir.

Fruvitarianlar/Früitistler: Beslenmede sadece meyveler ve botanik olarak meyve olarak kabul edilen salatalık, domates, biber ve kabak gibi sebzeler tüketilir.

Ravistler: Gıdaların pişirilince besin değerini kaybedeceğini benimsediklerinden dolayı gıdaları pişirmeden tüketirler (Karabudak, 2012).

## Vegan Kişilerde Görülen Eksik Besin Öğeleri

Vegan beslenme, meyve ve sebzeleri, tahılları ve baklagilleri içerdiğinden dolayı sağlık açısından avantaj sağlayabilmektedir ve daha düşük kalori, doymuş yağ ve kolesterol değerlerine sahiptir. Antioksidan ve fitokimyasallar bakımından zengin bir beslenme tipi oluşu kalp-damar hastalıkları, obezite, tip 2 diyabet ve bazı kanser çeşitlerine yakalanma riskini azaltmaktadır. Ancak kontrolsüz uygulanan vegan diyet beraberinde; protein, doymuş yağ, kalsiyum, D vitamini, B<sub>12</sub> vitamini, demir ve çinko gibi pek çok besin öğesinde eksikliğe neden olmaktadır (Craig, 2009; Karabudak, 2012; Olabi ve ark., 2015; Özcan ve Baysal, 2016).

### **Kalsiyum**

Kalsiyum, vücutta en çok kemik yapısında bulunur ve vücut ağırlığının yaklaşık olarak %2'sine karşılık gelir (Kılıç ve Cumhuriyet, 2007; Rakıcıoğlu, 2008). En iyi kaynakları süt ve süt ürünleri olup, bu ürünlerin biyoyararlılığı yüksektir (Kılıç ve Cumhuriyet, 2007; Karabudak, 2012). Yaş gruplarına göre bebekler ve çocuklar günlük 400-800 mg aralığında kalsiyuma ihtiyaç duyarlar. Gençlerde (10-18 yaş) 1300 mg/gün, 19-50 yaş aralığındaki yetişkinlerde 1000 mg/gün, 65 yaş ve üzeri bireylerde ise günlük 1200 mg kalsiyum alımına ihtiyaç vardır (Rakıcıoğlu, 2008). Vegan beslenmede kalsiyum alımı yetersiz kalmaktadır. Bireyler günlük  $843 \pm 140$  mg kalsiyum alabilmektedir (Kohlenberg-Mueller ve Raschka, 2003). Kalsiyum vücudun metabolik faaliyetlerinde görev almakla birlikte en çok kemik ve dişlerin yapısında bulunur. Yetersiz miktarda kalsiyum alımında vücut ihtiyaç duyduğu kalsiyumu kemiklerden sağlar. Bu durum kemik yapısının zayıflamasına neden olur (Kılıç ve Cumhuriyet, 2007). Hayvan kaynaklı hiçbir ürünü tüketmeyen veganların kalsiyum ve diğer minerallerce zengin tahıllar, baklagiller ve özellikle soyaya beslenmelerinde yer vermeleri gerekmektedir (Karabudak, 2012).

### **Demir**

Demir, vücutta özellikle enerji metabolizmasında, kan hücrelerinin yapısında ve oksijenin taşınmasında görev alır (Karabudak, 2012; Özcan ve Baysal, 2016). Demir, hem (hayvan kaynaklı besinlerde bulunan) ve hem olmayan (bitki kaynaklı besinlerde bulunan) demir olmak üzere iki farklı yapıda bulunur (Özcan ve Baysal, 2016). İnsan vücudu için biyo-yararlılığı en yüksek olan demir hayvan kaynaklı ürünlerde bulunmaktadır (Karabudak, 2012). Vegan beslenme ve omnivor beslenme demir içeriği bakımından yakın değer gösterir (~13 mg/gün) (Lönnerdal, 2009). Ancak bitki kaynaklı gıdalarda bulunan fitat ve tanen de demir emilimini olumsuz etkilemektedir (Özcan ve Baysal, 2016). Demir eksikliğine bağlı olarak gelişen anemi ile bireylerde halsizlik, baş dönmesi, yeterli oksijenin taşınmaması ve bağışıklığın zayıflaması gibi durumlar meydana gelir (Karabudak, 2012; Özcan ve Baysal, 2016). Vegan diyet, C vitamini bakımından zengindir ve C vitamini, demir emilimini arttırdığından vegan bireyler için avantaj sağlayabilir (Özcan ve Baysal, 2016).

### **Çinko**

Çinko, en önemli iz minerallerden biri olup, enzim sisteminde önemli görevlere sahiptir. Büyüme ve gelişme, bağışıklık sistemi, DNA sentezi ile hafıza ve görme gibi pek çok fizyolojik işleve dahil olmaktadır (Akdeniz ve ark., 2016; Gökçen ve ark., 2019). Çinko özellikle su ürünleri ve kırmızı ette bulunmasına karşın, bitki kaynaklı (baklagiller ve kuruyemişler) besinlerde de bulunur. Ancak tahıllarda bulunan fitat çinkoyu bağlayarak emilimi kısıtlar. Bu sebeple çinkonun, protein değeri yüksek gıdalarla tüketilmesi gerekmektedir. Çünkü protein, D ve B<sub>6</sub> vitamini çinko emilimine katkı sağlamaktadır (Tarakçı ve Küçüköner, 2006). Çinko alımı 7-11 yaş arası çocuklarda, vejetaryen beslenme için günlük  $5,9 \pm 0,20$  mg/gün, omnivor beslenmede ise  $6,8 \pm 0,22$  mg/gündür (Gibson ve ark., 2014). 11 yaşın üzerindeki bireyler için önerilen alım miktarı 15 mg/gündür (Akdeniz ve ark., 2016). Çinko eksikliğinde özellikle büyüme ve gelişmede gerilik, iştahsızlık ve cilt yaraları meydana gelir, kansere yakalanma riski artar (Tarakçı ve Küçüköner, 2006; Gökçen ve ark., 2019).

### **D Vitamini**

D vitamini, vücutta kemik yapısı, hücre büyümesi, sinir sistemi ile kalsiyum ve fosfor emiliminde etkili olmaktadır (Karabudak, 2012; Özcan ve Baysal, 2016). Bitki kaynaklı ürünlerden D<sub>2</sub> (ergokalsiferol), hayvan kaynaklı ürünlerden ise D<sub>3</sub> (kolekalsiferol) olarak vücuda alınmaktadır. En önemli kaynakları balık, karaciğer, yumurta sarısı ve güneş ışığıdır (Fidan ve ark., 2014; Özcan ve Baysal, 2016). D vitaminindeki azalışa bağlı olarak kalsiyum ve fosfor emilimi de azalmakta olup, kemik yapısı zayıflamakta, raşitizm ve osteoporoz riski oluşmaktadır (Özcan ve Baysal, 2016). İnsanlarda 40-60 ng/ml aralığında D vitamini bulunmaktadır (Fidan ve ark., 2014). Vegan beslenen bireyler için zenginleştirilmiş soya sütü, meyve suları, kahvaltılık tahıllar ve ultraviyole (UV) ışın altında geliştirilmiş mantarlar, diyetle D vitamini alımını destekleyici olmaktadır (Özcan ve Baysal, 2016).

### **B<sub>12</sub> Vitamini**

B<sub>12</sub> vitamini sadece hayvan kaynaklı gıdalarda bulunur ve sakatat, et ve süt ürünleri ile yumurta sarısı önemli kaynaklarındandır (Tucker, 2014; Özcan ve Baysal, 2016). Folik asit ile beraber kırmızı kan hücreleri oluşumunda, amino asitlerin kullanılmasında, DNA sentezinde, büyüme ve üremede önemli işleve sahiptir (Karabudak, 2012; Özcan ve Baysal, 2016; Aslaner ve ark., 2018). Vücutta günde, bebeklerde (0-1 yaş) 0,4-0,5 µg, gençlerde (1-18 yaş) 0,9-1,8 µg ve yetişkinlerde 2,4 µg miktarlarında B<sub>12</sub> vitamini alınması gerekmektedir (Aslaner ve ark., 2018). B<sub>12</sub> vitamini eksikliğinin sonuçları uzun vadede ortaya çıkmaktadır.

Eksikliği ciddi ve geri döndürülemez nörolojik hasarlara neden olmaktadır (Herrmann, 2003). Bu sebeple veganlar ve vejetaryenlerin B<sub>12</sub> içeren gıdaları ve takviyeleri almaları gerekmektedir (Tucker, 2014).

## GÜNÜMÜZ ALTERNATİF VEGAN DİYET ÜRÜNLERİ

Beslenmesinde hayvan kaynaklı birincil ve ikincil ürünlere yer vermeyen vegan bireyler; et, süt ve peynir gibi ürünlere alternatif olarak besleyici değeri yüksek, soya sütü, soya yoğurdu, tofu ve seitan gibi gıdaları tüketmektedirler.

### Soya Sütü

Soya sütü, soya fasulyesinin su ile ekstrakte edilmesi ve posalı kısmın ayrılmasından sonra elde edilen süzündür (Dağcı, 2004). Sade, aromalı, yoğunlaştırılmış ve süt tozunun su içinde çözündürülmesiyle elde edilen farklı türleri mevcuttur (Gürsoy ve ark., 1999). Soya sütünün protein, demir ve doymamış yağ asidi miktarları, insan ve inek sütüne göre daha fazla olup, laktoz ve kolesterol içermemektedir (Nilüfer ve Boyacıoğlu, 2008). Tablo 1’de ideal standart protein ile soya sütü ve inek sütü proteinlerinin esansiyel aminoasit kompozisyonu yer almaktadır.

Tablo 1. İdeal standart protein ile soya sütü ve inek sütü proteinlerinin esansiyel aminoasit kompozisyonu (g/100g protein) (Gürsoy ve ark., 1999).

Esansiyel Amino Asit	İdeal Standart Protein (FAO/WHO*)	Soya Sütü Proteini	İnek Sütü Proteini
İzolösin	4,0	5,3	6,3
Lösin	7,0	8,8	10,0
Lisin	5,5	3,5	8,1
Methionin+Sistin	3,5	2,5	3,5
Fenilalanin+Tirozin	6,0	8,0	10,3
Threonin	4,0	4,5	4,9
Valin	5,0	5,0	6,9
Toplam	36,0	38,9	51,4

\*FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations; WHO: World Health Organization.

Tablo 1 incelendiğinde soya sütü ve inek sütü protein miktarlarının birbiri ile benzer olduğu, soya sütü proteinlerinin lisin ve methionin+sistin haricinde istenen içeriğe sahip olduğu görülmektedir (Gürsoy ve ark., 1999). Soya sütünde en önemli sorun fasulye tadıdır. Bununla ilgili olarak deodorizasyon, aroma maddesi ilavesi, yağsız soya unu kullanımı, yüksek sıcaklıkta ısıl işlem uygulama gibi prosesler fasulye aromasının giderilmesinde uygulanmaktadır (Gürsoy ve ark., 1999).

### Soya Yoğurdu

Soya yoğurdu, soya sütünün uygun bakteri kültürü ile fermentasyonu sonucu veya hayvan kaynaklı sütlerle belirli oranlarda karıştırılıp fermente edilmesi ile elde edilir (Gürsoy ve ark., 1999). Soya yoğurdunun fermente ve fermente olmayan iki türü bulunmaktadır. Aynı zamanda kaşıkla tüketilebilir ve içilebilir olmak üzere iki farklı tüketim formu da bulunmaktadır (Azzahra, 2016). Soya sütünün kimyasal yapısındaki farklılıktan dolayı, geleneksel yolla üretilen soya yoğurdunda yapısal ve duyu kusurları meydana gelmektedir. Soya yoğurdunda en önemli kusur, fasulyemsi tat olup, fermentasyon ile giderilmesi sağlanmaktadır (Gürsoy ve ark., 1999; Dağcı, 2004). Soya sütü, probiyotik bakteri gelişimi için hayvan kaynaklı süte göre daha uygundur. Bu sebeple hayvan kaynaklı süt tüketemeyen bireylerin probiyotik mikroorganizma almasına olanak sağlar (Azzahra, 2016).

### Tofu

Tofu, soya sütünün pıhtılaştırıcı ajan yardımı ile pıhtı formunu alması sonucu elde edilen, beyaz peynir veya yoğun formdaki yoğurda benzeyen bir gıdadır (Nilüfer ve Boyacıoğlu, 2008). Üretimde uygulanan ısıl işlem ile hem tadı iyileştirme hem de besin değerine katkı sağlama hedeflenir. Tofu üretiminde en önemli aşama pıhtılaşmadır. Pıhtı oluşumunda hızlı karıştırmadan kaçınılmalıdır. Hızlı karıştırma sert pıhtılara ve ek olarak oluşan pıhtılarda hava boşluğuna da neden olmaktadır (Gürsoy ve ark., 1999). Sitrik asit, Kalsiyum klorür, Magnezyum klorür ve Kalsiyum sülfat gibi pıhtılaştırıcı ajanlardan yararlanır (Prasad ve ark., 2017). Kullanılan pıhtılaştırıcı, pıhtılaştırıcının miktarı ve sıcaklık gibi parametrelere bağlı olarak elde edilen peynirin yapısı da değişmektedir (Jubayer ve ark., 2013). Sert, yumuşak, kurutulmuş ve fermente olmak üzere 4 çeşit tofu üretimi gerçekleştirilmektedir. Sert tofu için peynir bezine alınmış ürüne ağırlık uygulaması

yapılırken, yumuşak tofu için fazla suyun uzaklaştırılmasında delikli kaplardan yararlanır. Sert tofu %76-81, yumuşak tofu %87-90, kurutulmuş tofu ise %76'nın altında nem içeriğine sahiptir (Prasad ve ark., 2017). Tofu kalitesini tohum çeşidi, pıhtılaştırıcı, enzimler ve proses basamakları etkiler. Üretimde kullanılan en etkili pıhtılaştırıcı kalsiyum sülfat iken en düşük etkiye sahip pıhtılaştırıcı şaptır. Enzimler ürünün sakızimsılık ve sertlik özellikleri üzerine etkilidir (Prasad ve ark., 2017). Soya ürünleri içeriğinde bulunan izoflavonlar, osteoporoz, kanser ve kardiyovasküler hastalıklara karşı koruyuculuk sağlar. Soyadan tofuya geçen izoflavonlar ve aglikonlar da lipit oksidasyonuna karşı koruyuculuk sağlar (Prasad ve ark., 2017).

### **Seitan**

Bir diğer adı buğday eti-buğday proteini. Tahıl ürünü haşlandıktan sonra gerekli yağ ile baharatlar ilave edildikten sonra harmanlanıp, şekil verilerek elde edilen et ikamesi bir üründür. Pişirme işlemi uygulandığında tat, doku ve koku özellikleri sığır etinden farklı değildir. Bununla beraber sığır eti ile benzer protein değerine sahiptir (Berardy, 2012). Yağ ve kolesterol içermeyip, protein ve lif bakımından zengin olması nedeniyle kalp, kanser ve tansiyon hastaları için iyi bir alternatif olmaktadır (Mal'a ve ark., 2010).

### **VEGAN BESLENMEDE YENİ YAKLAŞIMLAR**

Vegan beslenmede, günümüz ürünlerinden farklı olarak hayvan kaynaklı ürünleri hem içerik hem de görünüm olarak temsil edecek et alternatifleri, et analogları, 3D (3 boyutlu) et ve vegan yumurta gibi yeni alternatif ürünler geliştirilmektedir.

#### **Et Alternatifleri**

Küresel olarak artan nüfus, et üretimi ve tüketimi, arazi ve su ihtiyacını, sera gazı ve kirliliği arttırmakta ve yeterli miktarda yiyecek bulmak zorlaşmaktadır (Kyriakopoulou ve ark., 2019; van der Weele ve ark., 2019). Et alternatiflerinin üretiminde çoğunlukla soya proteinleri kullanılmaktadır. Bunun sebebi soya proteinlerinin, etin lifli dokusunu taklit edebilen, iç içe geçmiş jelleşme özelliği gösteren doku oluşumuna sahip olmalarıdır. Soya proteinleri haricinde bezelye proteinlerinin kullanımı da artış göstermektedir. Bezelye proteinleri, genetiği değiştirilmiş organizma riski taşımamakta ve alerjen özellik göstermemektedir. Ilıman iklimde yetişebilir olması diğer avantajlarından biridir. Ancak soya proteinlerine göre düşük jelleşme kapasitesi gösterdiğinden dolayı ürün oluşumunda prosesi zorlamaktadır. Soya ve bezelye proteinleri gibi bitki kaynaklı proteinlerden elde edilen ürünlerde gluten proteinleri de ilave edilerek ürünün elastikiyet, dayanıklılık ve kıvam özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanır (van der Goot ve ark., 2019).

#### **Et Analogları**

Et analogları ile doku, aroma, bileşen ve görünüm bakımından eti doğru şekilde temsil edecek ürün üretilmesi hedefler. Bu sebeple bileşiminde kullanılan hammaddelerin uygun kombinasyonu, duyuşal olarak istenen et özelliklerini karşılar. Bileşiminde su, yağ, dokulu sebze proteinleri, dokusuz proteinler, aroma, renklendirici ve ağartıcı maddeler yer alır. Üretimde kullanılan su hem maliyeti düşürmekte hem de emülsiyon oluşumuna katkı sağlamaktadır. Et analogları üretimi de kendine özgü özellikleri ve düşük fiyatından dolayı çoğunlukla soya proteinleri kullanılmaktadır. Yağı alınmış hammadde ve bileşenler kullanıldığı için üretilen ürünler yağ bakımından düşüktür. Bu sebeple belirli oranlarda mısır, hurma ve kanola yağı gibi bitki kaynaklı yağlar ilave edilerek hem ürün yapısı desteklenmekte hem de ürün lezzetine katkı sağlanmaktadır. Ürün üretiminde ekstrüzyon, basit kesme akışı ve eğirme işlemlerinden yararlanır. Ürün oluşturulurken uygulanan proses basamaklarında bağlı olarak önce ürün yapılandırılmakta ve oluşan yapının katılaşması sağlanmaktadır. Oluşan yapının katılaşması için ısıtma veya pişirme, soğutma, kurutma veya pıhtılaştırma işlemleri uygulanır. Elde edilen son ürün birbirinden bağımsız lifler, lif dolu jel veya kılcal dokulu jel olmak üzere 3 farklı yapı gösterebilmektedir. Et analoglarında tüketici için doku, aroma ve görünüm belirleyici faktörlerdir. Üretimi gerçekleştirilen et analogları, yüksek diyet lifi ve yararlı fitokimyasallar içermesi, doymuş yağ asitleri ve kolesterol içermemesi nedeniyle kanser önleyici, metabolizma çalıştırıcı ve kardiyovasküler hastalıkları önleyici etkilere sahiptir (Kyriakopoulou ve ark., 2019).

#### **3D Et**

3D et ile ilgili hayvan kaynaklı ürünlerin bilimsel araştırmaları mevcuttur. Ancak vegan 3D et ile ilgili bilimsel araştırma mevcut değildir. İnternet kaynakları 2020 yılı sonu, 2021 yılı başlarında bu ürünlerin tüketiciye sunulacağını bildirmektedir. İsrail asıllı vegan 3D et üreticisi firma ürünlerinde soya ve bezelye proteinleri, hindistancevizi ve ayçiçek yağı, renklendirici ve aroma maddeleri kullanılmaktadır (Anonim, 2020a). Barselona asıllı vegan 3D et üreticisi firma ise ürünlerinde pirinç, bezelye ve yosun liflerinden elde edilen



protein, doğal bitki temelli renklendirici (paella) ve yağlar (zeytin, kanola ve hindistancevizi gibi) kullanılmaktadır (Anonim, 2020b). Üretim için bitki kaynaklı ürünler ve su mürekkep kartuşuna yerleştirildikten sonra mürekkep kartuş yazıya yerleştirilmektedir. Yazıcı programlanan üretim doğrultusunda ürünü yazdırmakta ve çıkan ürün hayvan kaynaklı ette olduğu gibi yağ, kan ve kas bileşimi oluşturarak et dokusuna benzer bir yapı göstermektedir (Anonim, 2020a). Üretimi gerçekleştirilen ürün ile hayvan kaynaklı etin kıvam, görünüm, doku ve beslenme özelliklerinin taklit edilmesi hedeflenmektedir (Anonim, 2020b).

### Vegan Yumurta

Yumurta alternatiflerine olan ilgi alerjen özellikleri ortadan kaldırmak, sürdürülebilirliği sağlamak, çevresel etkileri azaltmak ve gıda güvenliğinin sağlanması istemesi gibi pek çok faktörden dolayı artmıştır. Yumurta alternatiflerinde renklendirici, baharatlar, aroma vericiler, himalaya siyah tuzu, lesitin, baklagil proteini, unu ve suları, tahıl proteinleri, hidrokoloidler, nişasta, bitkisel yağlar yer almaktadır. Henüz yumurta beyazı ve sarısını temsil edecek formülasyonda ürün üretimi gerçekleştirilmediğinden ürünler çırpılmış formdadır (Grizo ve Specht, 2016). Tablo 2’de bitki bazlı yumurta alternatifi bileşen karışımları ve yumurta ikame maddeleri verilmektedir.

Tablo 2. Bitki bazlı yumurta alternatifi bileşen karışımları ve yumurta ikame maddeleri (Grizo ve Specht, 2016).

Ürün Adı ve Üretici	İçindekiler
VeganEgg – Follow Your Heart	Bütün alg unu, bütün alg proteini, modifiye selüloz, selüloz, gellan zankı, kalsiyum laktat, karagenan, besin mayası ve siyah tuz.
The Neat Egg – Atlantic Natural Foods	Chia tohumları ve nohut.
No Egg Egg Replacer – Orgran	Patates nişastası, tapyoka nişastası, kalsiyum karbonat (kabartıcı), sitrik asit ve metilselüloz.
Egg Replacer – Ener-G Foods	Patates nişastası, tapyoka unu, mayalama (kalsiyum laktat, kalsiyum karbonat, tartar kreması), selüloz sakızı ve modifiye selüloz.
Egg Replacer – Namaste Foods	Nişasta, ararot nişastası, turuncgil lifi, tartar kreması ve sodyum bikarbonat.
Egg Replacer – Bob’s Red Mill	Tam soya unu, buğday glütenu, mısır şurubu katıları ve algin (alglerden elde edilen).
Baking Mix – The Vegg	Bezelye proteini izolatu, güçlendirilmiş besin mayası, ksantan zankı, sodyum aljinat, guar zankı, karadeniz tuzu ve beta karoten.
Not Your Parents’ Tofu Scramble – The Vegg	Soya proteini, tam algal proteini, tam algal unu, kuvvetlendirilmiş besin mayası, magnezyum klorür ve karadeniz tuzu.
Vegan Egg Yolk – The Vegg	Güçlendirilmiş besin mayası, sodyum aljinat, siyah tuz ve beta karoten.

### SONUÇ

Vegan beslenme kişilerin neden bu beslenme tarzını benimsediği ile ilişkilidir. Sağlıklı olmak, hayvan refahı, etik ve dini faktörler tercih edilmesinde etkili olmaktadır. Bir beslenme tipinden çok yaşam tarzı ve felsefe olarak kabul edilmektedir. Vegan beslenmenin sağlık üzerine olan olumlu etkileri oldukça fazladır. Kalp ve damar hastalıkları, kolesterol, sindirim sistemi üzerinde iyileştirici etkileri bulunmaktadır. Ancak kontrolsüz uygulanan vegan diyet kişinin önemli vitamin ve mineral maddeleri eksik almasına neden olabilmektedir. Günümüz vegan ürünleri, vegan bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılamaya olanak sağlasa dahi yeni alternatiflere duyulan ihtiyaç oldukça fazladır. Geliştirilmekte olan alternatif ürünler ile çevresel etkilerin azaltılması, hayvan refahının artırılması, gıda güvenliğinin sağlanması, ürünlerin ucuz, kolay ve tüketiciye kolay ulaştırılabilir olması gibi pek çok alan hedeflenmektedir. Yaptığımız araştırma sonucunda ürün denemelerinin yeni olmasına bağlı olarak yeterli kaynağın olmadığı görülmüştür. Aynı zamanda yeni alternatiflerin hayvan kaynaklı ürünü doğru olarak temsil edilmesine yönelik her geçen gün yeni bir bilgi eklenmektedir. Gelecek yıllarda vegan ürün alternatiflerinin artması, yapılan çalışmaların da yeni alternatiflerin sindirilebilirliği ve biyoyararlılığı üzerine olması, geliştirilen ürünlerin olumlu ve olumsuz etkilerin gözlemlenmesi için fayda sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Akdeniz, V., Kınık, Ö., Yerlikaya, O. ve Akan, E. İnsan Sağlığı ve Beslenme Fizyolojisi Açısından Çinkonun Önemi. Akademik Gıda. 14 (3). 307-314.
- Anonim, 2020a. <https://www.plantbasednews.org/lifestyle/vegan-3d-printed-steak-restaurants-2020>. Erişim:11.09.2020.
- Anonim, 2020b. <https://www.greenqueen.com.hk/novameats-version-2-0-3d-printed-vegan-steak-is-the-most-realistic-yet-2/> Erişim: 11.09.2020.
- Arslan, M. 2018. Beslenme Alışkanlıkları Ve Fiziksel Aktivite Düzeylerinin Analizi: Marmara Üniversitesi Öğretim Üyeleri Üzerine Bir Çalışma. Dicle Tıp Dergisi. 45 (1). 59-69.
- Aslaner, H., Mıstık, S. ve Aslaner, H. A. 2018. Vitamin B<sub>12</sub> eksikliği ve tedavisi. Klinik Tıp Aile Hekimliği Dergisi. 10 (6).
- Azzahra, F. Gıda Sanayiinde Soyanın Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, 2016, 90.
- Berardy, A. 2012. A Consequential Comparative Life Cycle Assesment of Seitan and Beef. School of Sustainable Engineering and the Built Environment. 2.
- Craig, W. J., 2009. Health effects of vegan diets. The American Journal of Clinical Nutrition. 89. 1627-1633.
- Çetin, E. C. Yetişkin Tüketicilerin Besin Tercihleri Ve Sağlıklı Beslenmeye Yönelik Tutumları Üzerine Cinsiyet Faktörünün Etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ev Ekonomisi (Beslenme Bilimleri) Anabilim Dalı, Ankara, 2007, 168.
- Dağcı, E. K. Soya Sütünün Eldesi ve Soya Yoğurdunun Geleneksel Kahramanmaraş Tarhanası Üzerinde Kullanılma Olanaklarının Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 2004, 65.
- Fidan, F., Alkan, B. M. ve Tosun, A. 2014. Çağın Pandemisi: D Vitamini Eksikliği ve Yetersizliği. Türk Osteoporoz Dergisi. 20. 71-74.
- Gibson, R. S., Heath, A. M. ve Szymlek-Gay, E. A., 2014. Is iron and zinc nutrition a concern for vegetarian infants and young children in industrialized countries?. The American Journal of Clinical Nutrition. 100. 459-468.
- Gökçen, M., Aksoy, Y. Ç. ve Ateş Özcan, B. 2019. Vegan beslenme tarzına sağlık açısından genel bakış. Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi. 1 (2). 50-54.
- Greenebaum, J., 2012. Veganism, Identity and the Quest for Authenticity. Food, Culture & Society. 15:1. 129-144.
- Grizio, M. ve Specht, L. 2016. Plant-based egg alternatives: Optimizing for functional properties and applications. The Good Food Institute.
- Gürsoy, O., Gökçe, R. ve Kınık, Ö., 1999. Beslenmede Yeni Yaklaşımlar: Soya Sütü ve Ürünleri. Mühendislik Bilimleri Dergisi. 5 (2-3). 1123-1130.
- Herrmann, W., Schorr, H., Obeid, R. ve Geisel, J., 2003. Vitamin B-12 status, particularly holotranscobalamin II and methylmalonic acid concentrations, and hyperhomocysteinemia in vegetarians. The American Journal of Clinical Nutrition. 78. 131-136.
- Jubayer, M. F., Uddin, M. B. ve Faruque, M. O., 2013. Standardization Parameters for Production of Tofu Using WSD-Y-1 Machine. Journal of the Bangladesh Agricultural University. 11 (2). 307-312.
- Karabudak, E., 2012. Vejetaryen Beslenmesi. T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, Obezite, Diyabet ve Metabolik Hastalıklar Dairesi Başkanlığı. Yayın No: 726.
- Kılıç, M. ve Cumhuriyet, Ö. 2007. Kalsiyum İhtiyacının Karşılmasında Süt Ürünlerinin Önemi. Süt Ürünleri ve Teknolojileri Dergisi. 10. 56-58.
- Kohlenberg-Mueller, K. ve Raschka, L., 2003. Calcium balance in young adults on a vegan and lactovegetarian diet. Journal of Bone and Mineral Metabolism. 21. 28-33.
- Kyriakopoulou, K., Dekkers, B. ve van der Goot, A. J. 2019. Plant-Based Meat Analogues. Sustainable Meat Production and Processing. Chapter 6. 103-126.
- Lönnerdal, B., 2009. Soybean ferritin: implications for iron status of vegetarians. The American Journal of Clinical Nutrition. 89. 1680-1685.
- Mal'a, P., Baranová, M., Marcinčáková, D. ve Nagy, J., 2010. Organoleptic Evaluation of Poultry Meat Products with Wheat Protein – Seitan, Coloured by Microbial Natural Pigment. Assam University Journal of Science & Technology : Biological and Environmental Sciences. 5 (1).
- Nilüfer, D. ve Boyacıoğlu, D. 2008. Soya Ve Soya Ürünlerinin Fonksiyonel Gıda Bileşenleri. Gıda. 33 (5). 241-250.

- Olabi, A., Levitsky, D. A., Hunter, J. B., Spies, R., Rovers, A. P. ve Andouni, L., 2015. Food and mood: A nutritional and mood assessment of a 30-day vegan space diet. *Food Quality and Preference*. 40. 110-115.
- Özcan, T. ve Baysal, S., 2016. Vejetaryen Beslenme ve Sağlık Üzerine Etkileri. *Journal of Agricultural Faculty of Uludag University*. 30 (2). 101-116.
- Prasad, R., Dey, A., Kaur, S., Singh, J. ve Luwang, M. D., 2017. Tofu: technological and nutritional potential. *Indian Food Industry Mag*. 36 (3).
- Rakıcioğlu, N. 2008. Kalsiyum, D Vitamini ve Osteoporoz. T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Beslenme ve Fiziksel Aktiviteler Daire Başkanlığı. Yayın No: 728.
- Rosenfeld, D. L., 2019. A Comparison of Dietarian Identity Profiles Between Vegetarians and Vegans. *Food Quality and Preference*. 72. 40-44.
- Tarakçı, Z. ve Küçüköner, E. 2006. Esansiyel Bir Mineral Olan Çinkonun Fonksiyonel Özellikleri. *Türkiye 9. Gıda Kongresi Bildiriler Kitabı*. 717-720.
- Tucker, K. L., 2014. Vegetarian diets and bone status. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 100. 329-335.
- Tunçay Son, G. Y. ve Bulut, M., 2016. Yaşam Tarzı Olarak Vegan ve Vejetaryenlik. *International Journal of Human Sciences*. 13. 1.
- van der Goot, A. J., Schreuders, F. K. G., Dekkers, B. L., Bodnár, I., Erni, P. ve Boom, R. M., 2019. Comparing structuring potential of pea and soy protein with gluten for meat analogue preparation. *Journal of Food Engineering*. 261. 32-39.
- van der Weele, C., Feindt, P., van der Goot, A. J., van Mierlo, B. ve van Boekel, M., 2019. Meat Alternatives: An Integrative Comparison. *Trends in Food Science and Technology*. 88. 505-512.
- Yücel, B. Sağlık Çalışanlarının Beslenme Alışkanları Ve Beslenme Bilgi Düzeylerinin İncelenmesi. Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetik Bölümü, Ankara, 2015, 119.

## Çok amaçlı tesis yerleşim düzeni problemi için bir tavlama benzetimi algoritması

Betül Turanoğlu

Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: b.turanoglu@atauni.edu.tr

### Özet

Bir üretim sisteminin yerleşimi, onun etkili ve verimli kullanımı için oldukça önemlidir. Tesis içerisindeki fiziksel bölümlerin düzenlenmesi ile ilgilenen tesis yerleşim düzeni problemleri, tek amaçlı tesis yerleşim düzeni problemleri (TATYDP) ve çok amaçlı tesis yerleşim düzeni problemleri (ÇATYDP) olmak üzere iki grupta incelenebilir. Literatürde TATYDP'ne daha çok rastlanmaktadır. Fakat gerçek hayatta bir yerleşim düzeni problemi, hem nitel hem de nicel birden fazla hedefi göz önüne alan ÇATYDP kategorisine girmektedir. ÇATYDP'nin amacı, tüm bu hedeflere cevap veren etkin bir yerleşim düzeni bulmaktır. Bu çalışmada, ÇATYDP'nin çözümü için etkili bir yerel arama sezgiseli olan Tavlama Benzetimi (TB) algoritması önerilmiştir. Önerilen algoritma, Singh ve Singh (2010)'in çalışmasındaki amaç ağırlıkları ve problem setleri kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen TB algoritmasının Singh ve Singh (2010)'in çözüm yaklaşımından daha etkin olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çok amaçlı tesis yerleşim düzeni problemi, sezgisel yöntemler, tavlama benzetimi

### A simulated annealing algorithm for multi-objective facility layout problem

#### Abstract

The layout of a production system is very important for its effective and efficient utilization. The facility layout problems that deal the arrangement of physical departments within the facility can be examined in two groups as single-objective facility layout problem (SOFLP) and multi-objective facility layout problem (MOFLP). The SOFLP is more common in the literature. However, in real life, a facility layout problem falls into the category of the MOFLP, which consider both qualitative and quantitative objectives. In this study, Simulated Annealing (SA) algorithm which is an effective local search heuristic is proposed for the solution of the MOFLP. The proposed algorithm has been tested by using the objective weights and problem sets in Singh and Singh (2010)'s study. The results have been showed that the proposed SA algorithm was more effective than Singh and Singh (2010)'s solution approach.

**Keywords:** Multi objective facility layout problem, heuristic methods, simulated annealing

### GİRİŞ

Günümüzde sanayi işletmeleri, mevcut üretim faktörlerinden olan makine, araç-gereç ve insan gücü kaynaklarını etkin ve verimli kullanabilmek için yerleşim düzenlemesi yapmaktadır. Yerleşim düzeni çalışmaları; makine kullanım oranını maksimum yapan, gereksiz hareketleri minimize eden, zamandan tasarruf sağlayıp maliyetlerin düşürülmesine olanak veren çalışmalardır.

Yerleşim düzeni planlama, imalat sürecinde önemli bir rol oynar ve bir şirketin karlılığını ciddi şekilde etkiler. Sadece tesisler, yılda milyonlarca dolar kazandırabilir ya da kaybettirebilirler. Ayrıca bir şirketin dolaylı maliyetleri yerleşim düzeninin etkinliğine bağlıdır. Bir tesis içerisindeki bölümlerin optimal yerleşimi sağlanırsa, rekabet avantajı artırılarak ürün maliyetleri azaltılabilir. Etkin bir yerleşim ile özellikle malzeme taşıma maliyetleri azaltılarak çevrim süresinde de iyileşme sağlanabilmektedir.

Yerleşim düzenlemesinin tanımı, "Etkili bir operasyon sağlamak için fiziksel faaliyetlerin en iyi planlanmasını bulmak" şeklinde yapılabilir (Wilsten ve Shayan, 2007). Yerleşim düzenlemenin en önemli amacı ise, eldeki tesislerin üretim elemanlarında (insan, malzeme, makine ve sermaye) maksimum yarar sağlanacak şekilde düzenlenmesi ve yerleştirilmesidir. Optimum sonuçların elde edilebilmesi için bu dört üretim elemanının da göz önüne alınması gerekir. Yerleşim düzenlemenin diğer bir ana amacı da, "tıkanıklıkların" giderilmesi ve azaltılması yolu ile mamul akışının düzenlenmesidir (Karayağcın, 1986).

Tesis problemleri, amaç fonksiyonuna göre tek amaçlı ve çok amaçlı olarak değerlendirilebilir. Çok amaçlı tesis yerleşim düzeni problemi (ÇATYDP), hem nitel hem de nicel birden fazla hedefi göz önüne alır. Buradaki

niteliksel hedefler; tesisler ya da bölümler arasındaki yakınlık oranları, tehlikeli hareketler gibi unsurları ifade ederken niceliksel hedefler malzeme taşıma maliyetini veya iş akışını içerir. Tüm bu hedefleri optimum düzeyde karşılayan bir yerleşim düzeni elde etmek için ÇATYDP'den yararlanılabilir.

Tesis problemleri, genellikle NP-Zor yapıya sahip karmaşık bir optimizasyon problemidir. Yani problem boyutu büyüdükçe, çözüm zamanı üstel olarak artar ve optimum çözüme ulaşmak oldukça zorlaşır. Klasik yöntemler böyle bir problem için sadece küçük boyutlarda bir çözüm elde edebilir. Bu gibi nedenlerden dolayı, sezgisel yöntemler literatürde oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu çalışmada da, ÇATYDP için iyi bir yerel arama sezgiseli olan tavlama benzetimi (TB) algoritması önerilmiştir. Önerilen algoritma, Singh ve Singh (2010)'in çalışmalarındaki amaç ağırlıkları ve problem setleri kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen TB algoritmasının Singh ve Singh (2010)'in klasik çözüm yaklaşımından daha iyi olduğunu göstermiştir.

## MATERYAL VE METOD

### Çok Amaçlı Tesis Yerleşim Düzeni Problemi ve Matematiksel Modeli

ÇATYDP ile ilgili ilk çalışma, Rosenblatt (1979) tarafından yapılmıştır. Dutta ve Sahu (1982), ÇATYDP için bir matematiksel model önermişlerdir. Fortenberry ve Cox (1985), Urban (1987, 1989) çalışmalarında, karar vericilere yeni yerleşim düzeni alternatifleri sunan modeller geliştirmişlerdir. Harmonsky ve Totho (1992), ÇATYDP'nde kullanılacak nicel ve nitel verileri normalleştirmek için bir yöntem önermişlerdir. Chen ve Sha (1999), bu yöntemin eksikliklerini belirlemiş ve bunları iyileştirmeye çalışmışlardır. Chen ve Sha (2005), ÇATYDP'ni çözmek için beş aşamalı bir sezgisel yaklaşım geliştirmişlerdir. Bu yaklaşımda, öncelikle amaç ağırlıkları üretilir ve rastsal bir başlangıç çözümden başlanarak en iyi yerleşim düzeni elde edilmeye çalışılır. Singh ve Singh (2010), ÇATYDP için yeni bir prosedür geliştirmişlerdir. Bu prosedürde, amaç ağırlıklarının hesaplanması dört yeni metot ile yapılır. Daha sonra elde edilen amaç ağırlıkları ile matematiksel model çözülür. Dört farklı metoda göre çözülen problem sonunda, minimum maliyetli en iyi yerleşim düzeni seçilir.

ÇATYDP'nin amacı, çözüm için göz önüne alınan hem nitel hem de nicel hedeflere cevap veren etkin bir yerleşim düzeni bulmaktır. ÇATYDP, farklı hedef ağırlıklarına göre farklı yerleşim düzenleri üretir. ÇATYDP, aşağıdaki matematiksel model ile ifade edilebilir (Singh ve Singh, 2010):

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n A_{ijkl} X_{ij} X_{kl}$$

(1)

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n$$

(2)

$$\sum_{i=1}^n X_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n$$

(3)

$$\sum_{i=1}^T W_i = 1$$

(4)

$$A_{ijkl} = w_1 f_{ik} d_{jl} - w_2 cr_{ik} \quad (\text{Eğer } T = 2 \text{ ise})$$

(5)

$$A_{ijkl} = w_1 f_{ik} d_{jl} - w_2 cr_{ik} + w_3 mht_{jl} + w_4 hm_{ik} \quad (\text{Eğer } T = 4 \text{ ise}) \quad (6)$$

$$X_{ij} = \{0, 1\} \quad \forall_{i,j}$$

$n$ : Tesis içerisindeki bölüm sayısı

$T$ : Amaç sayısı

$f_{ik}$ :  $i$  bölümünden  $k$  bölümüne olan iş akış miktarı

$d_{jl}$ :  $j$  yerleşim alanı ile  $l$  yerleşim alanı arasındaki mesafe

$cr_{ik}$ :  $i$  bölümü ile  $k$  bölümü arasındaki yakınlık oranı

$mht_{jl}$ :  $j$  yerleşim alanı ile  $l$  yerleşim alanı arasındaki malzeme taşıma süresi

$hm_{ik}$ :  $i$  bölümü ile  $k$  bölümü arasındaki tehlikeli hareket

$w_t$ :  $t$ . amacın ağırlığı.

$A_{ijkl}$ : Amaç fonksiyonundaki nitel ve nicel faktörleri kombine eden maliyet terimi

$X_{ij}$ :  $i$  bölümü  $j$  yerleşim alanına atanırsa 1, diğer durumda 0 değerini alan değişken

Eşitlik (1), nitel ve nicel amaçlara göre maliyeti minimum yapan amaç fonksiyonunu ifade eder. Eşitlik (2), her bölümün yalnız bir yerleşim alanına atanmasını; Eşitlik (3) ise, her yerleşim alanına sadece bir bölümün atanmasını sağlar. Eşitlik (4), amaç fonksiyonundaki tüm nitel ve nicel ağırlıkların toplamının 1'e eşit olduğunu gösterir. Eşitlik (5) ve (6), sırasıyla iki ve dört adet amaca göre maliyet terimini ifade eder. Bu çalışmada,  $w_1$ ,  $w_2$ ,  $w_3$  ve  $w_4$  sırasıyla malzeme akışı, yakınlık oranı, malzeme taşıma süresi ve tehlikeli hareketi temsil eden amaç ağırlıklarıdır.

### Önerilen Tavlama Benzetimi Algoritması

Birçok sezgisel algoritmada olduğu gibi önerilen TB'de ilk adım, problemin algoritmaya uygun şekilde kodlanmasıdır. ÇATYDP için her çözüm, bir dizi olarak ifade edilmiştir. Bu dizinin eleman sayısı, yerleşim düzenindeki toplam bölüm sayısını; her elemanın bulunduğu pozisyon ise o elemanın (bölümün) hangi yerleşim alanına atandığını göstermektedir. Örneğin; Şekil 1'de, 6 bölümden oluşan bir yerleşim düzeni verilmiştir. Yerleşim düzeninde, toplam alan  $1 \text{ br}^2$ 'ye eşit 6 alandan oluşmaktadır ve her alana bir bölüm yerleştirilmiştir. Şekil 2'de ise, bu yerleşim düzeni problemine ait kodlanmış çözüm görülmektedir. Bu kodlanmış çözümün okunmasına örnek verecek olursak; 3. bölüm 2. yerleşim alanına, 4. bölüm 6. yerleşim alanına atanmıştır. Bu şekilde üretilen bir çözüm (dizi), bir bölümün sadece bir yerleşim alanına atanması ve bir yerleşim alanına sadece bir bölümün atanması kısıtlarını sağlamaktadır. Böylece, çözümün maliyeti kolayca hesaplanmaktadır.

5	3	6
1	2	4

Şekil 1. Bir yerleşim düzeni probleminin gösterimi

5	3	6	1	2	4
---	---	---	---	---	---

Şekil 2. Bir yerleşim düzeni problemine ait kodlanmış çözümün gösterimi

Tavlama benzetimi (TB), katıların ısıtılması ve yavaş yavaş soğutulması sürecini ifade eden tavlama sürecinden esinlenilerek ortaya atılmış bir yöntemdir. Bu yöntem, Metropolis ve ark. (1958)'nin çalışmasına dayanmaktadır. Çalışmada, belirli bir ısı seviyesinde atomların dengeli dağılımları ve enerji değişimleri incelenmiştir. TB'nin matematiksel minimizasyon ile bağlantısı olduğu Pincus (1970) tarafından vurgulanmıştır. Fakat, bu yaklaşımın bir optimizasyon tekniği olarak kullanılabileceğini ilk defa Kirkpatrick ve ark.(1983) ortaya atmıştır.

TB'nin en önemli avantajı, global optimumu bulmak için yerel optimumdan kurtulabilmesi özelliğine sahip olmasıdır. Bu özelliğini, mevcut çözümden daha kötü komşu çözümlerin kabul edilmesi olasılığıyla elde eder. Kabul olasılığı, TB süreci boyunca azalan bir kontrol parametresi olarak belirlenir (Baykasoğlu ve Gindy, 2001). TB, diğer yerel arama algoritmalarına çok benzemektedir. Fakat, bu teknikler genellikle yerel optimuma takılırlar. Kontrollü bir şekilde kötü çözümleri kabul etmek veya "hill climbing" olarak bilinen yokuş yukarı hareket etme işlemi TB'nin bu problem için getirdiği çözümdür. Yokuş yukarı hareketlere izin verdiği için TB algoritması bir çeşit eşik algoritmasıdır.

Tavlama benzetiminin temel adımları şu şekilde sıralanabilir (McKendall ve ark., 2006).:

Sezgisel parametre değerleri seçilir.

Bir başlangıç çözümü üretilir ve maliyeti hesaplanır. Bu çözüm, mevcut çözüm olarak tanımlanır.

Mevcut çözümden, yerel arama tekniklerinden biri kullanılarak komşu çözüm elde edilir.

Komşu çözümün maliyeti hesaplanarak mevcut çözümün maliyetiyle karşılaştırılır:

Maliyet daha iyi ise, komşu çözüm mevcut çözüm olarak kabul edilir.

Maliyet daha kötü ise, komşu çözüm belirlenen olasılıkla mevcut çözüm olarak kabul edilir. Aksi halde, mevcut çözüm değişmez.

Sayaçlar ve parametreler güncellenir, (ii)-(iv) arası adımlar durdurma kriterine ulaşıncaya kadar tekrar edilir. Başarılı bir TB algoritması için parametrelerin doğru seçilmesi büyük önem arz etmektedir. Söz konusu parametreler aşağıdaki gibidir:

**Başlangıç sıcaklığı ( $T_b$ ):** Algoritma başladıktan sonra üretilen çözümlerin büyük çoğunluğunun kabul edilebilmesi için başlangıç sıcaklığının yeterince büyük seçilmesi gerekir. Yapılacak denemelerle başlangıç sıcaklığının değeri belirlenebilir.

**Her sıcaklıkta üretilen çözüm sayısı (CS):** TB’de sıcaklık değeri düşürülmeden her bir sıcaklıkta sistemin denge durumuna ulaşmasına yetecek kadar çözüm üretilmesi gerekir.

**Soğutma oranı ( $a$ ):** Tavlama sürecine göre, yeterince yüksek seçilen başlangıç sıcaklığı yavaş yavaş soğutulmalıdır. Soğutma oranına deneysel olarak karar verilebileceği gibi literatürde önerilen yöntemlerle de bu değer hesaplanabilir.

**Durdurma kriteri:** Bir TB algoritmasında durdurma kriteri olarak maksimum iterasyon sayısı, bitiş sıcaklığı gibi kriterler kullanılabilir. Her bir iterasyonda sıcaklığı azaltmak için bir fonksiyon kullanılır. En çok kullanılan fonksiyonlardan biri aşağıda verilmiştir:

$$T_{(m+1)}=T_m*a$$

Bu geometrik fonksiyonda;  $T_m$  mevcut sıcaklık,  $a$  ise soğutma oranıdır. Algoritma, belirlenen maksimum iterasyon sayısına veya bitiş sıcaklığına ulaşıncaya durdurulur. Bu çalışmada, maksimum iterasyon sayısı durdurma kriteri olarak kullanılmıştır.

Tablo 1’de, önerilen TB’nin parametre değerleri verilmiştir. Literatürden alınan 3 farklı problemin çözümünde kullanılacak bu parametreler, çeşitli denemeler sonunda belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Önerilen TB’de kullanılan parametre değerleri

Problem	Bölüm sayısı	Başlangıç sıcaklığı	Soğutma oranı	Her bir sıcaklıktaki çözüm sayısı	Maksimum iterasyon sayısı
Dutta ve Sahu (1982)	8	1000	0.999	$8^2$	10000
Fortenberry ve Cox (1985)	12	1000	0.999	$12^2$	10000
Chen ve Sha (1999)	15	1000	0.999	$15^2$	10000

Önerilen TB algoritmasının adımları aşağıdaki gibidir:

**Adım 1:**  $T_b$  (başlangıç sıcaklığı),  $a$  (soğutma oranı), CS (her bir sıcaklıkta üretilen çözüm sayısı),  $max\_it$  (maksimum iterasyon sayısı) parametrelerini gir.

**Adım 2:** Rastsal üretilen çözümü, mevcut çözüm ( $C_m$ ) olarak kaydet ve bu çözümün maliyetini ( $f_m$ ) hesapla.

**Adım 3:** Aşağıdaki eşitlikleri yap:

$$C_{en} \text{ (en iyi çözüm)} = C_m \text{ (mevcut çözüm)}$$

$$f_{en} \text{ (en iyi çözümün maliyeti)} = f_m \text{ (mevcut çözümün maliyeti)}$$

$$T_m \text{ (mevcut sıcaklık)} = T_b \text{ (başlangıç sıcaklığı)}$$

$$el \text{ (mevcut iterasyon sayacı)} = 1$$

$$il \text{ (üretilen çözüm sayacı)} = 1$$

**Adım 4:** Mevcut çözümden ikili değişim metodu kullanarak bir komşu çözüm ( $C_k$ ) üret ve bu çözümün maliyetini ( $f_k$ ) hesapla.

**Adım 5:**  $\Delta = f_k - f_m$  hesapla. Eğer ( $\Delta < 0$ ) ise Adım 7’ye değilse Adım 6’ya git.

**Adım 6:** Düzgün dağılıma sahip rastsal bir sayı ( $r$ ) üret. Eğer  $r < e^{(-\Delta/T_m)}$  ise Adım 7’ye, değilse Adım 8’e git.

**Adım 7:**  $C_m = C_k$  ve  $f_m = f_k$  yap.

**Adım 8:**  $C_{en} = C_k$  ve  $f_{en} = f_k$  yap.

**Adım 9:** Eğer  $il < CS$  ise,  $il = il + 1$  yap ve Adım 4’e git, değilse Adım 10’a git.

**Adım 10:**  $el = el + 1$ ,  $T_{(m+1)}=T_m*a$  ve  $il = 1$  yap.

**Adım 11:** Eğer  $el < max\_it$  ise Adım 4’e, değilse Adım 12’ye git.

**Adım 12:** Algoritmayı durdur.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Önerilen TB algoritması, MATLAB’de kodlanmış ve Intel(R) Core(TM) i7-4770 3.4 GHz özelliğe sahip bir PC üzerinde test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Singh ve Singh (2010)’in çözüm yaklaşımı ile karşılaştırılmıştır. Singh ve Singh (2010)’in çalışmasındaki amaç ağırlıkları, yazarların kendi önerdikleri 4 farklı yöntem (MWM, GMWM, SDWM, CRITICM) göre hesaplanmıştır. Söz konusu çalışmadaki aynı amaç ağırlıkları ve 3 farklı problem seti kullanılarak önerilen algoritma çalıştırılmıştır. Tablo 2’de, karşılaştırmalı sonuçlar verilmiştir. Buna göre, bütün problemlerde önerilen TB algoritmasının Singh ve Singh (2010)’in yaklaşımından daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Tablo 3’de ise, her bir problemin çözülmesiyle elde edilen yerleşim düzenleri dizi şeklinde verilmiştir.

**Tablo 2.** Karşılaştırmalı sonuçlar

Problem	Bölüm sayısı	Yaklaşım	Metot 1 (MWM)	Metot 2 (GMWM)	Metot 3 (SDWM)	Metot 4 (CRITICM)
Dutta ve Sahu (1982)	8	Önerilen TB	<b>124.6624</b>	<b>52.8928</b>	<b>127.0816</b>	<b>127.0816</b>
		Singh ve Singh (2010)’in yaklaşımı	128.6624	105.78	127.256	127.256
Fortenberry ve Cox (1985)	12	Önerilen TB	<b>1678.2656</b>	<b>1050.4075</b>	<b>1162.7645</b>	<b>1162.7645</b>
		Singh ve Singh (2010)’in yaklaşımı	1766.99	1116.36	1255.435	1255.435
Chen ve Sha (1999)	15	Önerilen TB	<b>2459.5818</b>	-	<b>1411.1108</b>	<b>1411.1108</b>
		Singh ve Singh (2010)’in yaklaşımı	2701.64	-	1557.68	1557.68

**Tablo 3.** Önerilen TB ile elde edilen yerleşim düzenleri

Problem	Bölüm sayısı	Metot 1 (MWM)	Metot 2 (GMWM)	Metot 3 (SDWM)	Metot 4 (CRITICM)
Dutta ve Sahu (1982)	8	[3 8 5 1 4 6 7 2]	[4 6 7 2 3 8 5 1]	[2 7 6 4 1 5 8 3]	[2 7 6 4 1 5 8 3]
Fortenberry ve Cox (1985)	12	[1 11 9 4 8 6 7 10 3 5 12 2]	[3 5 12 2 8 6 7 10 6 1 11 9 4]	[4 9 11 1 10 6 7 8 2 12 5 3]	[4 9 11 1 10 6 7 8 2 12 5 3]
Chen ve Sha (1999)	15	[12 7 14 15 6 13 9 1 8 11 10 5 3 2 4]	-	[4 2 3 5 10 11 8 1 9 13 6 15 14 7 12]	[4 2 3 5 10 11 8 1 9 13 6 15 14 7 12]

## SONUÇ

ÇAYDP’nin, NP-Zor bir yapıya sahip olmasından dolayı problem boyutu arttıkça çözüm zamanı üstel olarak artmaktadır. Bu durumda, problemin çözümü için analitik yöntemlerden ziyade sezgisel yöntemleri kullanmak daha mantıklı bir yaklaşımdır. Çünkü sezgisel yöntemler, optimal çözümü garanti etmese de makul bir hesaplama süresinde optimale yakın sonuçlar verirler. Bu çalışmada da, Singh ve Singh (2010)’in çalışmasında yer alan ve farklı amaç ağırlıklarının göz önüne alındığı birkaç ÇAYDP örneği için bir TB algoritması önerilmiştir. Önerilen algoritma ile Singh ve Singh (2010)’in çözüm yaklaşımından daha iyi sonuçlar, makul CPU zamanlarda elde edilmiştir. Bundan sonraki çalışmalarda, aynı problemler için denenmemiş sezgisel yaklaşımlar geliştirilebilir yada daha büyük boyutlu problemler üzerinde önerilen algoritma denenebilir.

## KAYNAKLAR

Baykasoğlu A, Gindy NNZ 2001. A simulated annealing algorithm for the dynamic layout problem. Computers and Operations Research, 28: 1403-1426.



- Chen CW, Sha DY 1999. A design approach to the multi-objective facility layout problem. *International Journal of Production Research*, 37 (5): 1175-1196.
- Chen CW, Sha DY 2005. Heuristic approach for solving the multi-objective facility layout problem. *International Journal of Production Research*, 43 (21): 4493-4507.
- Dutta KN, Sahu S 1982. A multigoal heuristic for facilities design problems: MUGHAL. *International Journal of Production Research*, 20(2): 147-154.
- Fortenberry JC, Cox JF 1985. Multiple criteria approach to the facilities layout problem. *International Journal of Production Research*, 23(4): 773-782.
- Harmonosky CM, Tothoro GK 1992. A multi-factor plant layout methodology. *International Journal of Production Research*, 30: 1773-1789.
- Karayalçın İ. 1986. *Endüstri Mühendisliği ve Üretim Yönetimi El Kitabı*. Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
- Kirkpatrick S, Gelatt CD Jr, Vecchi MP 1983. Optimization by simulated annealing. *Science*, 220: 671-680.
- McKendall AR Jr, Shang J, Kuppusamy S 2006. Simulated annealing heuristics for the dynamic facility layout problem. *Computers and Operations Research*, 33: 2431-2444.
- Metropolis N, Rosenbluth AW, Rosenbluth MN, Teller AH, Teller E 1958. Equations of state calculations by fast computing machines. *J. Chem. Phys.*, 21: 1087-1092.
- Phillips AT, Rosen JB 1994. A quadratic assignment formulation of the molecular conformation problem. *Journal of Global Optimization*, 4(2): 229-241.
- Rosenblatt JM, 1979. The facilities layout problem: a multi-goal approach. *International Journal of Production Research*, 17: 323-352.
- Singh SP, Singh VK 2010. An improved heuristic approach for multiobjective facility layout problem. *International Journal of Production Research*, 48(4): 1171-1194.
- Wilsten J, Shayan E 2007. Layout design of a furniture production line using formal methods. *Journal of Industrial and Systems Engineering*, 1(1): 81-96.
- Urban TL 1987. A multiple criteria model for the facilities layout problem. *International Journal of Production Research*, 25: 1805-1812.
- Urban TL 1989. Combining qualitative and quantitative analysis in facility layout. *Production and Inventory Management*, 30: 73-77.

## Analysis of aromatic pesticide residues in water samples by liquid-liquid extraction method

Erdal Kusvuran (0000-0002-7047-6368)<sup>1\*</sup>, Ali Samil(0000-0002-4950-1725)<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup>Çukurova University, Arts and Sciences Faculty, Chemistry Department, Adana, Turkey  
<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Arts and Sciences Faculty, Chemistry Department, Kahramanmaraş, Turkey

\* Corresponding author e-mail: erdalkusvuran@yahoo.com, ekusvuran@cu.edu.tr

### Abstract

In this study, using solvent mixture we first extracted aromatic organochlorinated pesticides from water (hexane:dichloromethane), and then measured the quantities using GC-MS equipped with Electron Ionization (EI) and Selective Ion Monitoring (SIM) method. The recovery ratios of spike levels were observed to have changed ranging from 73.3 % to 114.0 % at the same pesticide (*Fenclorphos*). We determined the lowest and the highest recovery values as for 0.100 mgL<sup>-1</sup> and 1.600 mgL<sup>-1</sup>, respectively. We also observed that recovery efficiency of pesticides containing only a benzene ring declined as Hexachlorobenzene > Bromophos-ethyl > Parathion-ethyl > Quintozene > Bromophos-methyl > Fenclorphos. In addition, the observed decreasing order of the relevant value of pesticides containing double benzene rings were 4.4'-DDT > Methoxychlor > o,p'-DDT > 4.4'-DDE > 4.4'-DDD > o,p'-DDE > Chlorfenapyr > 2.4'-DDD.

**Keywords:** Pesticides, Validation, Extraction, Mass Spectrometry

### INTRODUCTION

There have been significant changes in birth rates and in the population trajectories of countries and continents in recent years. The rate of population growth is faster than the amount of food being produced since population grows exponentially while food production grows linearly. The studies reported that the allotted agricultural land per person was decreased from 0.33 hectares to 0.19 hectares measured in 1969 and in 2015 (Alexandratos et.al.,2012), which has opened up a widening gap (“scissors”) between population growth and food production. There have been studies carried out to increase production in existing agricultural areas. These studies can be categorized into genetic modification (Bevan, et.al.,1983), yield enhancing chemicals (Bock et.al., 1984.) (fertilizer, plant hormones) and pest control. Pesticides have been widely used throughout the world In order for pest control since the middle of the 20th century. However it has been observed that using pesticides could negatively affect human health (Hernández et.al.,2013, Tsatsakis et.al.,2009, Bassil et.al.,2007, Parron et.al.,2011), the ecological balance via contaminating soil - water (Abrams et.al.,1995, Peacor et.al.,2004, Preisser et.al.,2005, Schmitz et.al.,2004) among others. World Health Organization (WHO) has reported that, approximately 346,000 people die annually from undesirable poisoning caused by pesticides (WHO., 2019). Thus, the control of pesticide usage has become a must, which pave way to pesticide residue analysis. Various instrumental devices and methods have to be applied in determination of their residues depending on the chemical structure of pesticides. In addition to, physical properties (volatility, solubility, molecular size) and chemical properties (acidic / basic, neutral, thermal stability) are the main factors for determining of methods of analysis. The researchers have preferred the usage of liquid chromatography which combined with Ultra/Viole (Harshit et.al.,2017, Douglas et.al.,2018), conductivity (Lawrence et.al.,1976), mass spectrometry (MS) (Ferrer et.al.,2005-Wu et.al.,2002), and tandem mass spectrometry (MS-MS) (Lehotay.,2005) detectors for comprehensible analysis of their non-volatile, non-thermally stable and large molecule structure On the other hand, gas chromatography (GC) combined with Electron Capture Detector (ECD) (Rissato et.al.,2004-Brito et.al.,2002), Nitrogen Phosphorus Detector (NPD) (Delgado et.al.,2001), Flame Photometric Detector (FPD) (Ahmadi et.al.,2006), MS (Kusvuran et.al.,2012, Lehotay.,2005) and MS-MS (Machado et.al.,2017, Shabeer et.al.,2018, Biswasa et.al.,2019) detectors have been preferred for the residue analysis of volatile, thermally stable and small molecule structure pesticides. GC combined with ECD, NPD or FPD was routinely used first in order to determine the trace level residue of pesticides in various matrix. However, the results obtained from GC could not provide the necessary qualification. Thus, MS (Kusvuran et.al.,2012, Lehotay.,2005) and MS-MS (Machado et.al.,2017, Shabeer et.al.,2018, Biswasa et.al.,2019) have been used in GC since GC-MS have a lot of advantage over GC detectors for residue as well as confirmation problems

and reducing the Maximum Residue Limits (MRL) to by many countries. In addition, ion monitoring method enables the researchers both to confirm the results and to avoid the false inferences. It also could analyze more than one pesticides belonging to the same retention time. Thier et al.,1992 developed a comprehensible manual for the definition and usage of analysis methods of GC-MS. Extraction method is also important for the analysis of pesticide A wide range of organic solvents have been used for extraction according to the type of pesticides and matrix. In recent years, an analytical method, abbreviated as QuEChERS (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) has been widely used to determine the pesticide residue concentrations onto the matrices, (Kusvuran et.al.,2012, Machado et.al.,2017, Lehotay.,2005)., The detection limit of the method is not sufficient for the MRL values of some pesticides in spite of its being a practical method, hence, various extraction methods are relevantly used for the pesticides. Garcia-Reyes et al.,2008 reported that the solid-phase extraction (SPE) method was employed to extract pesticide in Fruit-Based Soft Drinks. Furthermore, Ethyl acetate is used as a solvent by some researchers for the pesticides extraction from vegetables, (Frenich et.al.,2005) whereas some prefer to use acetone extract pesticides from fruits (Grimalt et.al.,2007). Thus, this study aimed at effectively extracting aromatic organochlorinated pesticides from water by using solvent mixture (hexane : dichloromethane) and measuring the quantity of them by applying GC-MS equipped with Electron Ionization (EI) and Selective Ion Monitoring (SIM) method. Validation parameters of method applied was also determined,

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

All of the aromatic organochlorinated pesticides used in this study were obtained from Sigma-Aldrich and used without further purification. Sodium sulfate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ), sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ), Sulfuric acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dichloromethane and hexane were purchased from Merck (Darmstadt, Germany). The spikes were injected into organic free water using Brand Mark micro pipette (0-100  $\mu\text{L}$ ). A Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC/MSD 5977B, Agilent) via HP 5MS capillary column (30  $\text{m} \times 0.25$  mm, Agilent) was employed for the analyses of pesticides. Rotary evaporator was used until the desired volume at 40 °C, 150 rpm. for the concentration of pesticides residue extracts.

### Methods

#### Loading of pesticides into and extracting from water

Before stock standard pesticides solution were spiked into water, 0.5 L of organic free water was poured into separatory funnel. The spikes were injected into the separating funnel in the volume ranging from 0-100  $\mu\text{L}$  until reaching the specified concentration levels, and then it was shaken vigorously. The pH was adjusted to around neutral value with using 1.0 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and 1.0 M  $\text{NaOH}$ , and the content was shaken vigorously again. Subsequently, before the pesticides were extracted three times with 60 mL of hexane-dichloromethane solvent mixture (1:1, volume:volume), 1 mL of  $\text{NaCl}$  solution saturated was added into the separatory funnel. The extract contained pesticides residues were dried using anhydrous  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  and concentrated until 10 mL via 150 rpm at 40°C. Repeating the fore-mentioned procedure six spike levels, were replicated 7 times. In order to determine the pesticide concentrations of the 10 mL extract, 1  $\mu\text{L}$  of the extract was injected into GC-MS via GC-MS-ChemStation Software.

#### GC-MS Analysis of pesticides

The analyses of pesticides were carried out using Agilent GC/MSD equipped with HP 5 MS capillary column (30  $\text{m} \times 0.25$  mm). GC oven was held at 110 °C for 2 min, then raised from 8 °C/min to 280 °C and maintained 1 min. at 280 °C. The injection port, interface and ion source temperatures were 280, 280 and 230 °C. respectively. The quantification of pesticides was performed using the Electron Ionization (EI) and Selected Ion Monitoring (SIM) mode. Before SIM mode was applied, each pesticide (1  $\mu\text{L}$ , 1  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) was injected into GC-MS and their fragmentation and quantation ions were determined (Table.1). The  $\text{Q}_1$  ions were used for the quantities of pesticides in SIM mode. The other ions ( $\text{Q}_2$ ,  $\text{Q}_3$ , and  $\text{Q}_4$ ) belonging to each pesticide were used as confirmation ions. For the quantitative analyses of pesticides, standard solution of each pesticide was prepared at the concentration range of 39–5000  $\mu\text{g L}^{-1}$  in the hexane-dichloromethane mixture and analyzed

**Table.1.** The ratios of Signal to Noise corresponding to amount of pesticides at level of LOD (S/N), Quantities ions of each pesticides ( $Q_1$ ), and amount of pesticides normalized according to  $S/N=6$ .

No	Pesticides	$r_t$	$Q_1$	Concentration ( $\text{mgL}^{-1}$ )	S/N	Concentration Normalized ( $\text{mgL}^{-1}$ )
1	Hexachlorobenzene	10.50	284	1.016	12.1	0.504
2	Quintozene	11.36	237	0.586	7.9	0.445
3	Fenclorphos	13.67	285	0.235	15.1	0.093
4	Parathion-ethyl	14.82	109	0.127	11.1	0.069
5	Bromophos-methyl	15.35	331	0.410	10.2	0.241
6	Bromophos-ethyl	16.82	97	0.268	6.1	0.264
7	o.p'-DDE	16.84	246	0.552	9.4	0.352
8	4.4'-DDE	17.92	246	0.333	6.9	0.290
9	2.4'-DDD	18.20	235	0.288	6.2	0.279
10	Chlorfenapyr	18.90	59	0.074	6.0	0.074
11	4.4'-DDD	19.35	235	0.239	7.2	0.199
12	o.p'-DDT	19.44	235	0.443	9.3	0.286
13	4.4'-DDT	20.61	235	0.170	6.9	0.148
14	Methoxychlor	22.68	227	0.323	8.4	0.231

three times using GC–MS. The calibration graph of each pesticide plotted via GC–MS response versus pesticide concentration and regression coefficients of each pesticides were given in **Table.2**. The quantities of the pesticides were calculated by using equations of these graphs.

**Table.2.** For each pesticides, equations of calibrations (Equ.), regression coefficients ( $r^2$ ), and standart ranges

No	Pesticides	Standart Range $\mu\text{gL}^{-1}$	Equ.	$r^2$
1	Hexachlorobenzene		$C = 1.330 \times 10^{-3} A + 1.465$	0,999
2	Quintozene		$C = 12.860 \times 10^{-3} A + 4.234$	0,994
3	Fenclorphos		$C = 2.235 \times 10^{-3} A + 3.137$	0,999
4	Parathion-ethyl		$C = 10.882 \times 10^{-3} A + 7.713$	0,994
5	Bromophos-methyl		$C = 0.962 \times 10^{-3} A + 10.130$	0,997
6	Bromophos-ethyl		$C = 6.224 \times 10^{-3} A + 9.209$	0,997
7	o.p'-DDE	5000 – 39	$C = 1.675 \times 10^{-3} A + 1.436$	1,000
8	4.4'-DDE		$C = 2.973 \times 10^{-3} A + 1.315$	0,999
9	2.4'-DDD		$C = 1.732 \times 10^{-3} A + 4.605$	0,999
10	Chlorfenapyr		$C = 2.383 \times 10^{-3} A + 3.082$	0,999
11	4.4'-DDD		$C = 1.862 \times 10^{-3} A + 7.212$	0,998
12	o.p'-DDT		$C = 1.216 \times 10^{-3} A + 10.608$	0,996
13	4.4'-DDT		$C = 2.893 \times 10^{-3} A + 7.864$	0,996
14	Methoxychlor		$C = 3.286 \times 10^{-3} A + 6.286$	0,999

## RESULTS and DISCUSSION

### Validation of applied extraction method

In the total ion chromatogram belonging to the aromatic pesticides, a satisfactory distinction was achieved in 23 minutes using GC-MS program defined before. All data acquired from this analysis program. The recovery studies were examined for six different pesticide concentrations dependent on water spike levels, and the results of 7 individual studies and their average recoveries are presented in **Table 3**. **Table. 3** displays that to an overall assessment, the recovery ratios of spike levels are 73.3 %, the lowest and 114.0 % the highest. The lowest and the highest recovery values were determined for *Fenclorphos* at concentrations of  $0.100 \text{ mgL}^{-1}$  and  $1.600 \text{ mgL}^{-1}$ , respectively. The recoveries of the five pesticides spiked at the same lowest concentration level,  $0.300 \text{ mgL}^{-1}$ , were observed as 0.266, 0.261, 0.270, 0.244, and  $0.246 \text{ mgL}^{-1}$  for *o.p'-DDT*, *2,4'-DDD*, *4,4'-DDE*, *Bromophos-ethyl*, *Bromophos-methyl*, respectively. For the same five pesticides, the relevant recovery at the same highest concentration level,  $9.600 \text{ mgL}^{-1}$  was noted as 8.901, 8.270, 8.407, 9.038, and

8.311 mgL<sup>-1</sup> for the same order. Similarly, at the lowest spike levels, 0.100 mgL<sup>-1</sup>, the recoveries were determined as 0.074, 0.085, and 0.073 mgL<sup>-1</sup> for *Chlorfenapyr*, *parathion-ethyl*, and *Fenclorphos* respectively while, at the highest spike levels, for these pesticides, 3.200 mgL<sup>-1</sup>, they were noted as 2.757, 3.012, and 2.926 mgL<sup>-1</sup> respectively. When the other spike levels examined, the recovery was observed as 0.231 mgL<sup>-1</sup> at 0.250 mgL<sup>-1</sup>, as 0.127 mgL<sup>-1</sup> at 0.150 mgL<sup>-1</sup>, and as 0.159 mg L<sup>-1</sup> at 0.250 mgL<sup>-1</sup> for *Methoxychlor*, *4,4'-DDT*, and *4,4'-DDD*, respectively. The recovery of *o.p'-DDE* and *Quintozene* at 0.400 and 0.500 mgL<sup>-1</sup> was obtained as 0.368 mgL<sup>-1</sup> and 0.496 mgL<sup>-1</sup>, respectively.

### Limit of Detection of Extraction Method

In this study, for the quantitative analysis of each pesticide depended on ratio of Signal to Noise ( $S/N \geq 6$ ), only one quantity ion was selected. **Table.4.** shows  $S/N$  corresponding to concentration of pesticides and Quantities ions for each pesticide ( $Q_1$ ). When concentration of pesticides was normalized based on  $S/N=6$ , for *Hexachloro- Benzene* the following operation was used

$$\frac{1.016}{12.1} \times 6 = 0.504 \text{ (mgL}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

And normalized concentration was obtained and given **Table.4.** On the other hand, to determine the LOD levels, organic free water was enriched spiking pesticides before extracted.. Seven independent studies were carried out for each pesticide using the same amount for constant enrichment, and the average recoveries with standard deviations were given in **Table.4.** If concentration of pesticide ( $C_{Normalized}$ ) corresponding with  $S/N$ , 6 is accepted as the detectable lowest concentration,  $LOD_{Exp.}$  can be calculated using standard deviations ( $\sigma$ ) of the lowest concentration of pesticides as shown in **Table.4.** ,

$$LOD_{Exp.} = C_{Normalized} + 3\sigma \quad (2)$$

$\sigma$  : The Std of replicates of recovery repeats of each pesticide at LOD level spike (7 repeats) can be calculated.

Using the standard deviation of the responses ( $S_y$ ) of the curve and the slope of the calibration curve ( $S$ )  $LOD_{Cal.}$  can also be measured using the equations given below.

$$LOD_{Cal.} = 3.3 \left( \frac{S_y}{S} \right) \quad (3)$$

$S_y$  : standard deviation of the responses ( $S_y$ ) of the curve for each pesticides

$S$  : slope of the calibration curve for each pesticides

Finally, all results were given in **Table.4.**

**Table.4.** shows the significant differences altering from 0.3 to 3.2 when  $LOD_{Exp.}$  and  $LOD_{Cal.}$  were proportionally compared . While the ratios of  $LOD_{Exp.} / LOD_{Cal.}$  was calculated about to  $1 \pm 0.2$  for a group of pesticides of *Fenclorphos*, *Bromophos-ethyl*, *2,4'-DDD*, and *Methoxychlor*, the ratios changed from 0.3 to 0.7 for *4,4'-DDT*, *o.p'-DDT*, *4,4'-DDD*, *Chlorfenapyr*, *Bromophos-methyl* and *Parathion-ethyl*. The relevant ratio, on the other hand was observed to have changed from 1.7 to 3.2 for the pesticides of *4,4'-DDE*, *o.p'-DDE*, *Quintozene*, and *Hexachloro- Benzene*

### Linearity of Extraction Method

Linearity of extraction methods on recovery value corresponding to the each spike levels of pesticides was also studied. The slope of line in the graph for each pesticides plotted either recovery percent or spike pesticides levels represents the average recovery ( $R_{ave}$ ) in the range of spike levels (**Table.5**). **Table.5.** displays that values of  $R_{ave}$  changed from 0.785 (78.5 %) to 1.056 (105.6 %) line with *2,4'-DDD* and *Hexachloro- Benzene*, respectively. The examination of **Table.6.** the recoveries of extraction method for *Hexachloro- Benzene*, *Parathion-ethyl*, *4,4'-DDT*, and *Bromophos-ethyl* were observed about to 100 % while the others recoveries were about to 80 %. Some researchers have performed pesticide extraction from various matrixes such as vegetables by applying different extraction procedures (Frenich et.al.,2005). When their recovery results compared with ours, which were recoveries of pesticides from vegetables with water, some pesticides recovery

**Table.4.** In Liquid-Liquid extraction process by using two solvent mixture, Spike levels, Averages of Recoveries ( $R_{Aver}$ ), Percents of Recoveries ( $R_{Aver}$  %), Percent of Standard Deviations (STD %), LOD values

No	Pesticides	Spike $mgL^{-1}$	$R_{Aver}$ $mgL^{-1}$	$R_{Aver}$ %	STD %	$LOD_{Cal}$ $mgL^{-1}$	$LOD_{Exp}$ $mgL^{-1}$
1	Hexachloro- Benzene	0.600	0.585	97.6	3.3	0.201	0.643
		1.200	1.049	87.4	7.0		
		2.400	2.054	85.6	5.1		
		4.800	3.796	79.1	6.6		
		9.600	8.738	91.0	5.0		
		19.200	19.584	102.0	8.1		
2	Quintozene	0.500	0.496	99.2	9.9	0.283	0.644
		1.000	0.862	86.2	6.5		
		2.000	1.866	93.3	6.4		
		4.000	4.183	104.6	6.3		
		8.000	7.109	88.9	10.1		
		16.000	14.834	92.7	6.9		
3	Fenclorpos	0.100	0.073	73.3	8.9	0.116	0.093
		0.200	0.165	82.7	3.9		
		0.400	0.370	92.4	10.2		
		0.800	0.721	90.1	8.5		
		1.600	1.823	114.0	9.6		
		3.200	2.926	91.4	8.4		
4	Parathion-ethyl	0.100	0.085	84.9	5.9	0.285	0.100
		0.200	0.175	87.7	7.7		
		0.400	0.377	94.1	11.5		
		0.800	0.687	85.9	12.0		
		1.600	1.379	86.1	7.4		
		3.200	3.012	94.1	11.5		
5	Bromophos-methyl	0.300	0.246	82.1	7.1	0.441	0.299
		0.600	0.496	82.7	3.9		
		1.200	1.082	90.1	8.5		
		2.400	2.105	87.7	7.7		
		4.800	4.375	91.1	8.9		
		9.600	8.311	86.6	10.9		
6	Bromophos-ethyl	0.300	0.244	81.2	9.8	0.339	0.315
		0.600	0.556	92.7	9.2		
		1.200	1.054	87.9	6.6		
		2.400	2.225	92.7	9.2		
		4.800	4.121	85.9	12.0		
		9.600	9.038	94.1	11.5		
7	o.p'-DDE	0.400	0.368	91.9	4.0	0.170	0.412
		0.800	0.739	92.4	5.1		
		1.600	1.483	92.7	9.2		
		3.200	2.647	82.7	3.9		
		6.400	5.605	87.6	11.6		
		12.800	11.867	92.7	9.2		
8	4.4'-DDE	0.300	0.270	90.1	4.8	0.180	0.309
		0.600	0.496	82.7	3.9		
		1.200	1.082	90.1	8.5		
		2.400	2.105	87.7	7.7		
		4.800	4.121	85.9	12.0		
		9.600	8.407	87.6	11.6		
9	2.4'-DDD	0.300	0.261	87.1	7.7	0.259	0.322
		0.600	0.543	90.6	6.9		
		1.200	1.070	89.1	9.7		
		2.400	2.071	86.3	12.2		
		4.800	4.450	92.7	9.2		
		9.600	8.270	86.1	7.4		
10	Chlorfenapyr	0.100	0.074	73.6	13.7	0.238	0.104
		0.200	0.192	96.1	7.9		
		0.400	0.350	87.6	11.6		
		0.800	0.693	86.6	10.9		
		1.600	1.426	89.1	9.9		
		3.200	2.757	86.1	7.4		

from water was observed to be higher than that of vegetables. For instance, when the recovery results of vegetables-water matrixes for o,p'-DDT, methoxychlor, parathion-ethyl and p,p' DDE compared with each other, the values were observed to be 84.5 % - 92.5 %, 72.9 % - 86.3 %, 67.6 % - 93.7 % and 70.6 % - 92.4 %, respectively. Recovery from water for a group of pesticides such as 4,4'-DDD, p,p'-DDT was determined lower than that of vegetables as 88.2 % - 100.6 %, 93.7 % -104.0 %, respectively. The research carried out using the same matrix reported almost the same value obtained by using various solvent combination for parathion-ethyl (Corcia et.al.,1991). Hayward et al. (Hayward et.al.,2009) reported recovery of some pesticides from *Ginseng Root* for three concentration levels using Quadrupole Mass Spectrometry (qMS) and High Resolution Time-of-Flight Mass Spectrometry (TOF). When evaluated their results as plotted of recovery values versus spike levels, the average recovery results represented by slope could be obtained for each pesticides. Pesticides are more attractive for plants or other matrixes than water due to their hydrophobic character, Therefore, recovery values of these pesticides from water are normally higher than (matrixs) their original ones.

**Table.4.** Continious.

No	Pesticides	Spike mgL <sup>-1</sup>	R <sub>Aver</sub> mgL <sup>-1</sup>	R <sub>Aver</sub> %	STD %	LOD <sub>Cal</sub> mgL <sup>-1</sup>	LOD <sub>Exp</sub> mgL <sup>-1</sup>
11	4,4'-DDD	0.200	0.159	79.6	10.2	0.340	0.208
		0.400	0.370	92.4	5.1		
		0.800	0.769	96.1	7.9		
		1.600	1.378	86.1	7.4		
		3.200	2.647	82.7	3.9		
12	o,p'-DDT	6.400	5.705	89.1	9.7	0.498	0.310
		0.300	0.266	88.5	5.6		
		0.600	0.547	91.1	8.9		
		1.200	1.056	88.0	8.6		
		2.400	2.225	92.7	9.2		
13	4,4'-DDT	4.800	4.279	89.1	9.9	0.456	0.159
		9.600	8.901	92.7	9.2		
		0.150	0.127	85.0	8.2		
		0.300	0.263	87.6	11.6		
		0.600	0.515	85.9	6.4		
14	Methoxychlor	1.200	1.077	89.7	10.6	0.212	0.248
		2.400	2.174	90.6	6.9		
		4.800	4.519	94.1	11.5		
		0.250	0.231	92.3	2.6		
		0.500	0.429	85.9	12.0		
		1.000	0.927	92.7	9.2		
		2.000	1.757	87.9	6.6		
		4.000	3.709	92.7	9.2		
		8.000	6.869	85.9	12.0		

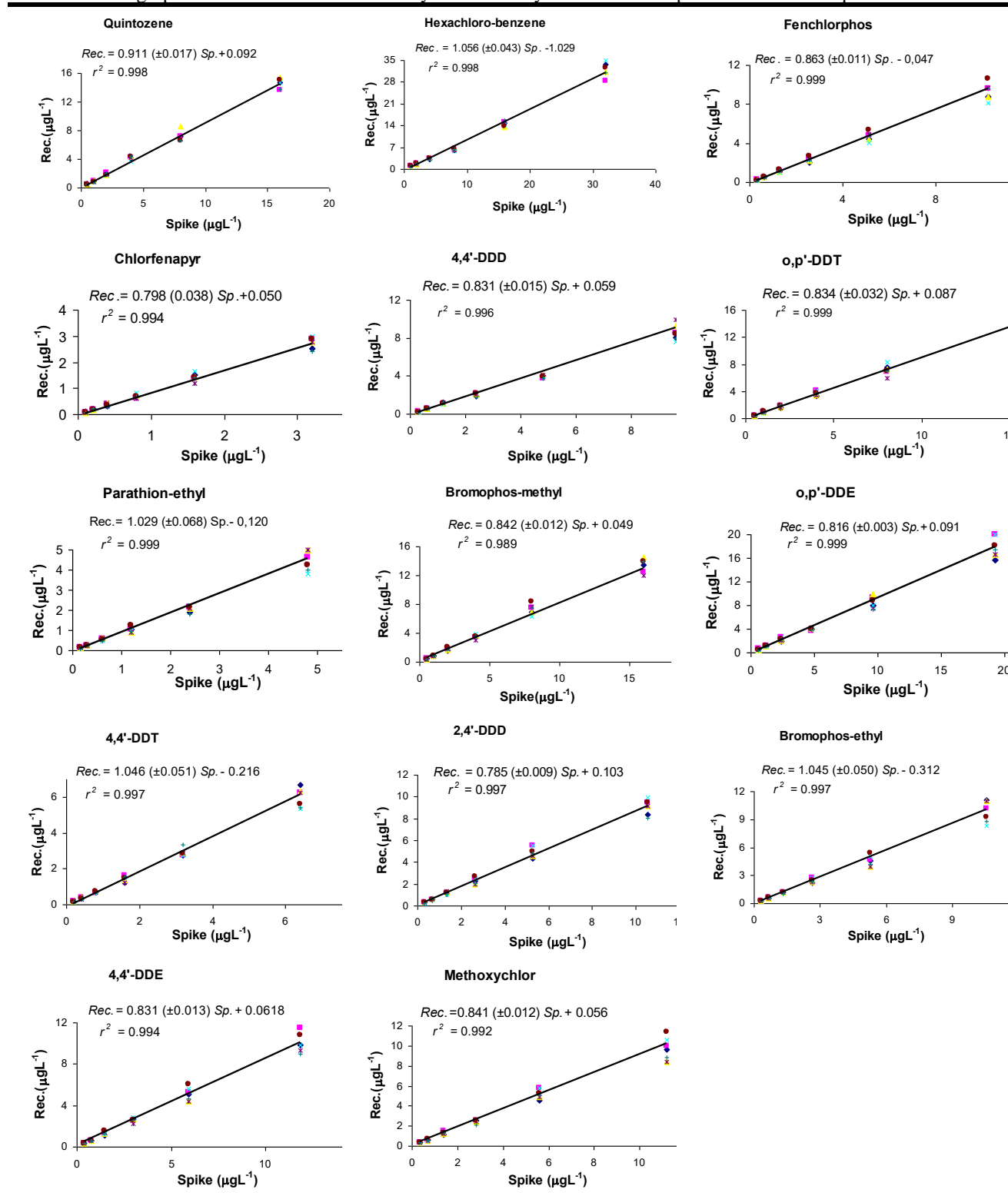
### Recovery of Extraction Method

This section covers the lowest and the highest spike levels comparison of recovery levels of pesticides. The results are presented in **Table 4**. The recovery percentage of the 10 pesticides out of 14, was increased, and spike levels shifted from the lowest to the highest levels while the others did not exhibit any improvement. The highest improvement of recovery depended on the increase of spike levels was 18.1 % for *Fenclorophos*. In addition, the pesticides of *Bromophos-ethyl*, *Chlorfenapyr*, *4,4'-DDD*, and *Parathion-ethyl* were observed to have 12.9 %, 12.5 %, 9.5 % and 9.1 % improvement values, respectively while the rest of the tested pesticides showed a lower improvement less than 9 %. The recovery data of 4 pesticides were observed to have been deteriorated during increasing process of spike levels. These deteriorations were less than 10 %.

### Conclusion

The aim of this study was to , extract organochlorinated pesticides from water by using solvent mixture (hexane : dichloromethane) and determination ofmeasuring the quantity of them by applying GC-MS equipped with Electron Ionization (EI) and Selective Ion Monitoring (SIM) method. The results showed a satisfactory

**Table.5.** The graphical demonstration of linearity via Recovery values versus Spike levels for each pesticides



achievement in 23 minutes for 14 pesticides, as a total analysis time. The recovery ratios of spike levels were observed to have changed as 73.3 % and 114.0 %. The lowest recovery value was determined as 73.3 % at 0.100 mgL<sup>-1</sup> for *Fenchlorphos*. The highest recovery value was observed as 114.0 % at 1.600 mgL<sup>-1</sup> for the same pesticide. When the recovery efficiencies of pesticides containing only a benzene ring were compared, in the sequence of Hexachlorobenzene > Bromophos-ethyl > Parathion-ethyl > Quintozene > Bromophos-methyl > Fenchlorphos was observed. On the other hand, when the recovery efficiencies of pesticides containing double benzene rings were compared, the following sequence was observed; 4,4'-DDT > Methoxychlor > o,p'-DDT > 4,4'-DDE > 4,4'-DDD > o,p'-DDE > Chlorfenapyr > 2,4'-DDD.



## REFERENCES

- Abrams P.A., 1995. Implications of dynamically variable traits for identifying, classifying, and measuring direct and indirect effects in ecological communities, *Am.Nat.*, 146 112–134
- Ahmadi F., Assadi Y., Hosseini S.M.R. M., Rezaee M., 2006. Determination of organophosphorus pesticides in water samples by single drop microextraction and gas chromatography-flame photometric detector, *Journal of Chromatography A*, 1101 307-312.
- Alexandratos N., Bruinsma J., 2012., *World Agriculture Towards 2030/2050.*, ESA Working Paper No.12-03
- Bevan M.W., Flavell R. B., Chilton M.D., A., 1983. chimaeric antibiotic resistance gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature*. 304 184–187.
- Biswasa S., Mondal R., Mukherjee A., Sarkara M., Kole R.K., 2019. Simultaneous determination and risk assessment of fipronil and its metabolites in sugarcane, using GC-ECD and confirmation by GC-MS/MS, *Food Chemistry*, 272 559–567.
- Bock B. R., 1984. Efficient use of nitrogen in cropping systems. *Nitrogen in Crop Production*. American Society of Agronomy, Wisconsin.
- Brito N.M., Navickiene S., Polese L., Jardim E.F.G., Abakerli R.B., Ribeiro M.L., 2002. Determination of pesticide residues in coconut water by liquid–liquid extraction and gas chromatography with electron-capture plus thermionic specific detection and solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection, *Journal of Chromatography A*, 957 201-209.
- Douglas L., MacKinnon G., Cook G., Duncan H., Briddon A., Seamark S., 2018. Determination of chlorpropham (CIPC) residues, in the concrete flooring of potato stores, using quantitative (HPLC UV/VIS) and qualitative (GCMS) methods, *Chemosphere*, 195 119-124.
- Fillion J., Sauve F., Selwyn J., 2000. Multiresidue method for the determination of residues of 251 pesticides in fruits and vegetables by gas chromatography/mass spectrometry and liquid chromatography with fluorescence detection, *J AOAC Int.*, 83 698–713
- Frenich A.G., Gonzalez-Rodriguez M.J, Arrebola F.J., Vida J.L.M., 2005. Potentiality of Gas Chromatography-Triple Quadrupole Mass Spectrometry in Vanguard and Rearguard Methods of Pesticide Residues in Vegetables, *Anal. Chem*, 77 4640-4648.
- Garcia-Reyes J.F., Gilbert-Lopez B., Molina-Diaz A., 2008. Determination of Pesticide Residues in Fruit-Based Soft Drinks, *Anal. Chem*. 80 8966–8974
- Grimalt S., Pozo O.J., Sancho J.V., Hernandez F., 2007. Use of Liquid Chromatography Coupled to Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry To Investigate Pesticide Residues in Fruits, *Anal. Chem.*, 79 2833-2843.
- Hernández A.F., Parrón T., Tsatsakis A.M., Requena M., Alarcon R., Guarnido O.L, 2013. Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. *Toxicology*, 307 136-145.
- Kusvuran E., Yildirima D., Mavruk F., Ceyhan M., 2012. Removal of chloropyrifos ethyl, tetradifon and chlorothalonil pesticide residues from citrus by using ozone, *Journal of Hazardous Materials*, 241-242 287-300.
- Lawrence J.F., 1976. A Comparison of Electron-Capture GLC, Electrolytic-Conductivity GLC and UV-Absorption HPLC for the Analysis of Some Herbicides in Foods, *Journal of Chromatographic Science*, 14 557–559.
- Lehotay S.J., 2005. Validation of a Fast and Easy Method for the Determination of Residues from 229 Pesticides in Fruits and Vegetables Using Gas and Liquid Chromatography and Mass Spectrometric Detection, *Journal Of AOAC International*, 88 595-614.
- Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture, Geneva, WHO, accessed 8 june 2019. Santos Delgado M.J., Rubio Barroso S., Fernández-Tostado G.T., Polo-Díez L.M., 2001. Stability studies of carbamate pesticides and analysis by gas chromatography with flame ionization and nitrogen–phosphorus detection, *Journal of Chromatography A*, 921 287-296.
- Thier HP., Zeumer H., 1992. *Manual of pesticide residue analysis*, Weinheim: Wiley VCH, II 26–28. Van Zoonen P., 1998. *Analytical methods for residues of pesticides in Foodstuffs*, 6th edition. Part I. Annex B. The Hague: General Inspectorate for Health Protection, 1–8.
- Wu J., Tragas C., Lord H., Pawliszyn J., Analysis of polar pesticides in water and wine samples by automated in-tube solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography–mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 976 (2002) 357-367.

## Determination of chlorinated cyclo hydrocarbon pesticide residues in water using quantitative and qualitative methods

Ali Samil<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4950-1725>), Erdal Kusvuran<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7047-6368>)

<sup>1\*</sup>Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Arts and Sciences Faculty, Chemistry Department, Kahramanmaraş, Turkey

<sup>2</sup>Çukurova University, Arts and Sciences Faculty, Chemistry Department, Adana, Turkey

\* Corresponding author e-mail: [asamil@ksu.edu.tr](mailto:asamil@ksu.edu.tr)

### Abstract

In the scope of this study, chlorinated cyclo hydrocarbon pesticides were extracted from water by using solvent mixture (hexane : dichloromethane) and quantity of them were determined by GC-MS equipped with Electron Ionization (EI) and Selective Ion Monitoring (SIM) method. In addition to, validation parameters of method applied was determined, also. The recovery ratios of spike levels was observed change range of 82.7 % and 110.9 %. The lowest recovery value was carried out as 82.7 % at 22.400 µg L<sup>-1</sup> of concentration for Endrin while the highest recovery value was determined as 110.9 % at 16.000 µg L<sup>-1</sup> of concentration for β-HCH. At the four different spike levels, for each of pesticides during extraction process was obtained a good linearity. Recovery efficiency of pesticides containing only a cyclohexan ring decreased in the order of β-HCH > δ-HCH > α-BHC > γ-HCH. The relevant value of pesticides containing two or more cyclic rings decreased in the order of β-Endosulfan > Endosulfan-sulfate > trans-Chlordane > Endrin-aldehyde > trans-Heptachlor > Endrin-ketone > α-Endosulfan > Dieldrin > Heptachlor > Aldrin > cis-Chlordane > Endrin. In this work, a satisfactory distinction was achieved in about 23 minutes for 16 pesticides as the total analysis time.

**Keywords:** Pesticides, Residue, Validation, Extraction, Mass Spectrometry.

### INTRODUCTION

Population is of great importance in food production and consumption in economic development and growth. There have been significant changes in birth rates and the population trajectories of countries and continents in recent years. The population numbers tend to grow exponentially while food production grows linearly. Global population is still growing by more than 80 million a year. This situation caused many problems such as: industrialization, decrease in agricultural areas parallel to the increase in settlements, increase in global environmental pollution. When the allocation of agricultural land per person was calculated, it was decreased from 0.33 hectares to 0.19 hectares, in 1969 and 2015 respectively (Alexandratos et al., 2012). Hence, a scissors formed between population growth and food production. This scissors has opened even further when plant pests (insects, weeds, diseases, fungi etc.) were taken into account. Since the human do not want to share his little food with them, they try to increase production by struggling with pests. For this purpose, several studies have been carried out to increase production in existing agricultural areas. Some of them could be written as genetic modification (Bevan, et al., 1983), yield enhancing chemicals (Bock et al., 1984) (fertilizer, plant hormones) and pest control.

In order to pest control, pesticides have been widely used throughout the world since the middle of the 20th century. In this process, many different problems were encountered such as affect human health negatively (Hernández et al., 2013, Tsatsakis et al., 2009, Bassil et al., 2007, Parron et al., 2011), negatively affect the ecological balance via contaminating soil – water (Abrams et al., 1995, Peacor et al., 2004, Preisser et al., 2005, Schmitz et al., 2004) and other numerous negative effects. According to WHO data, 346,000 people die annually from undesirable poisoning caused by pesticides (WHO., 2019). As a result of these effects, inevitably pesticide control has become mandatory. This situation has made pesticide residue analysis very important. It was reported by (Garcia-Reyes et al., 2008) that more than 900 pesticides are used throughout the world.

These pesticides are divided into several classes as benzoylureas, pyrethroids, carbamates, organophosphorous / organochlorinated compounds, sulfonyl and triazines. In determination of their residues depending on the chemical structure of pesticides, various instrumental devices and methods had to be applied. In addition to, physical properties (volatility, solubility) and chemical properties (acidic / basic, neutral, thermal stability, molecular size) are the main factors determining the method of analysis. For analysis of their residue whose

non-volatile, non-thermally stable and large molecule structure, it has been preferred by researchers usually usage of liquid chromatography which combined with Ultra/Viole (Harshit et.al.,2017, Douglas et.al.,2018), conductivity (Lawrence et.al.,1976), mass spectrometry (MS) (Ferrer et.al.,2005-Wu et.al.,2002) and tandem mass spectrometry (MS-MS) (Lehotay.,2005) detectors.

On the other hand, gas chromatography (GC) which combined with Electron Capture Detector (ECD) (Rissato et.al.,2004-Brito et.al.,2002), Nitrogen Phosphorus Detector (NPD) (Delgado et.al.,2001), Flame Photometric Detector (FPD) (Ahmadi et.al.,2006), MS (Kusvuran et.al.,2012, Lehotay.,2005) and MS-MS (Machado et.al.,2017, Shabeer et.al.,2018, Biswasa et.al.,2019) detectors has been preferred for residue analysis of volatile, thermally stable and small molecule structure pesticides. Firstly, in order to determination of trace level residue of pesticides in various matrix, GC combined with ECD, NPD or FPD was used mostly routine. However, the results obtained from GC could not provide the necessary qualification. Moreover, since confirmation problems and many countries reduced their Maximum Residue Limits (MRL) lower levels, instead of relevant detectors, MS (Kusvuran et.al.,2012, Lehotay.,2005) and MS-MS (Machado et.al.,2017, Shabeer et.al.,2018, Biswasa et.al.,2019) was begun preferring in GC. GC-MS have a lot of advantage compare with other GC detectors. During analysis, both confirmations of results could be provided and interferences could be avoided by using selective ion monitoring method. Also, it could be easily analyzed more than one pesticides belonging to the same retention time. For many pesticides, analysis methods of GC-MS were defined in pesticide analytical manuals by (Thier et al., 1992).

Another important factor in pesticide analysis is the extraction method. A wide range of organic solvents have been used by researchers for extraction according to the type of pesticides and matrix. In recent years, to determine the pesticide residue concentrations onto the matrices, analytical method, short name Quechers (Quick, Easy, Cheap, Effective, Rugged, and Safe) is used commonly (Kusvuran et.al.,2012, Machado et.al.,2017, Lehotay.,2005). Besides being a practical method, the detection limit of the method does not enough for the MRL values of some pesticides. Hence, various extraction methods are going on applying for the relevant pesticides. (Garcia-Reyes et al.,2008) reported that the solid-phase extraction (SPE) method was applied for extraction of pesticide in Fruit-Based Soft Drinks. Ethyl acetate used for pesticides extraction from vegetables is preferred as a solvent (Frenich et.al.,2005). While some researchers had used acetone to extraction of pesticides from fruits (Grimalt et.al.,2007).

This study aimed effectively extraction of cyclo hydrocarbon organochlorinated pesticides from water by using solvent mixture (hexane : dichloromethane) and determination of quantity of them by GC-MS equipped with Electron Ionization (EI) and Selective Ion Monitoring (SIM) method. In addition to, validation parameters of method applied was determined, also.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Materials**

In this study, all of cyclo hydrocarbon organochlorinated pesticides used purchased from Sigma-Aldrich and used without further purification. Chemical substances used in experimental studies are as follows.

Sodium sulfate ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), sodium chloride ( $\text{NaCl}$ ), sodium hydroxide ( $\text{NaOH}$ ), Sulfuric acid ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), dichloromethane and hexane were purchased from Merck (Darmstadt, Germany). The spikes were carried out inject to organic free water with Brand Mark micro pipette (0-100  $\mu\text{L}$ ). The analyses of pesticides were achieved on a Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC–MS–QP 2010 Plus, Shimadzu, Japan) via HP 5MS capillary column (30 m $\times$ 0.25 mm, Agilent). Rotary evaporator was used to concentration of pesticides residue extracts until desired volume at 40 °C, 150 rpm.

### **Method**

#### **Loading of pesticides into water and their extracting from water**

Before stock standard pesticides solution spike to water, 0.5 L of organic free water was placed in separatory funnel. The spikes were carried out at desired concentration levels with injected range of 0-100  $\mu\text{L}$  and the content of separatory funnel was shaken vigorously. The pH was adjusted about to neutral value with using 1.0 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$  and 1.0 M  $\text{NaOH}$  and shaken vigorously again. Subsequently, before the pesticides were extracted by 60 mL of hexan-dichloromethane solvent mixture (1:1, volume:volume) three times, 1 mL of  $\text{NaCl}$  solution saturated was added into the separatory funnel. The extract contained pesticides residues were

dried using anhydrous Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and concentrated until 10 mL via 150 rpm at 40°C. This procedure was repeated for 6 spike levels and each spike levels were replicated 7 times. In order to determination the pesticide concentrations of the 10 mL extract, 1 µL of this extract was injected in GC-MS via GC-MS-Solution Software.

### GC-MS Analysis of pesticides

The analyses of pesticides were achieved on a Shimadzu GC-MS equipped with HP 5 MS capillary column (30 m×0.25 mm). GC oven was kept at 110 °C for 2 min then increased by 8 °C/min to 280 °C and maintained at 280 °C for 1 min. The injector, interface and ion source temperatures were 280, 280 and 230 °C. respectively. The quantification of pesticides was performed in the Electron Ionization (EI) and Selected Ion Monitoring (SIM) mode. Before SIM mode was applied, each pesticide (1 µL, 1 µg L<sup>-1</sup>) was injected into GC-MS and their fragmentation and quantation ions were determined. To quantitative analyses of pesticides, standard solution of each pesticide was prepared at the concentration range of 39–5000 µg L<sup>-1</sup> in the hexane-dichloromethane mixture and analyzed three times by GC-MS. The calibration graph of each pesticide was plotted via GC-MS response versus pesticide concentration and regression coefficients of each pesticides were given Table 1. The quantities of the pesticides were calculated via equations of these graphs (Table 1).

**Table 1.** For each pesticides, equations of calibrations (Equ.), regression coefficients (r<sup>2</sup>), and standart ranges

No	Pesticides	Standart Range µg L <sup>-1</sup>	Equ.	r <sup>2</sup>
1	α-BHC		C = 1.900 x10 <sup>-3</sup> A + 3.347	0,999
2	β-HCH		C = 5.750 x10 <sup>-3</sup> A + 4.705	0,999
3	γ-HCH		C = 4.430 x10 <sup>-3</sup> A + 4.209	0,999
4	δ-HCH		C = 5.660 x10 <sup>-3</sup> A + 5.296	0,999
5	Heptachlor		C = 11.051 x10 <sup>-3</sup> A + 2.705	0,998
6	Aldrin		C = 5.013 x10 <sup>-3</sup> A + 1.524	0,999
7	trans-Heptachlor		C = 15.805 x10 <sup>-3</sup> A - 3.257	0,999
8	cis-Chlordane	5000 – 39	C = 3.312 x10 <sup>-3</sup> A + 3.290	0,999
9	α-Endosulfan		C = 15.126 x10 <sup>-3</sup> A + 1.416	1,000
10	trans-Chlordane		C = 4.483 x10 <sup>-3</sup> A + 2.460	0,999
11	Dieldrin		C = 4.962 x10 <sup>-3</sup> A + 2.433	0,999
12	Endrin		C = 20.618 x10 <sup>-3</sup> A + 3.544	0,998
13	β-Endosulfan		C = 18.435 x10 <sup>-3</sup> A + 2.263	0,999
14	Endrin-aldehyde		C = 10.143 x10 <sup>-3</sup> A + 1.084	1,000
15	Endosulfan-sulfate		C = 10.623 x10 <sup>-3</sup> A + 0.880	1,000
16	Endrin-ketone		C = 15.065 x10 <sup>-3</sup> A + 0.998	1,000

## RESULTS and DISCUSSION

### Validation of applied extraction method

A satisfactory distinction was achieved in about 23 minutes. All study was carried out by using this analysis program. The recovery studies were examined for six different pesticide concentrations dependent on spike levels for water and the results of 7 individual studies and their average recoveries are presented in Table 2. According to Table 2., when an overall assessment, the recovery ratios of spike levels showed change range of 82.7 % and 110.9 % as the lowest and the highest values, respectively. The lowest recovery value was carried out as 82.7 % 22.400 µg L<sup>-1</sup> of concentration for Endrin while the highest recovery value was determined as 110.9 % at 16.000 µg L<sup>-1</sup> of concentration for β-HCH. The recoveries of the three pesticides spiked at the same lowest concentration level, 0.500 µg L<sup>-1</sup>, were observed as 0.462, 0.447 and 0.458 µg L<sup>-1</sup> for α-BHC, β-HCH and trans-Chlordane respectively. The relevant recovery at the same highest concentration level, 16.000

$\mu\text{gL}^{-1}$  was noted as 14.514, 17.737 and 14.057  $\mu\text{gL}^{-1}$  for the same order. Similarly, at the lowest spike levels, 0.200  $\mu\text{gL}^{-1}$ , the recoveries were determined as 0.173 and 0.180  $\mu\text{gL}^{-1}$  for  $\beta$ -Endosulfan and Endrin-ketone, respectively while, at the highest spike levels, 6.400  $\mu\text{gL}^{-1}$ , they were noted as  $6.025 \pm 0.693$  and  $5.614 \pm 0.432$   $\mu\text{gL}^{-1}$  correspondence to the same order. When the other spike levels studied, the recovery was observed as 0.290  $\mu\text{gL}^{-1}$  at 0.330  $\mu\text{gL}^{-1}$  and as 9.278,  $\mu\text{gL}^{-1}$  at 10.560  $\mu\text{gL}^{-1}$  for Dieldrin respectively. The recovery of Aldrin and Endrin at 0.700  $\mu\text{gL}^{-1}$  was carried out as 0.591  $\mu\text{gL}^{-1}$  and 0.642  $\mu\text{gL}^{-1}$ , respectively. For Aldrin and Endrin at 22.400  $\mu\text{gL}^{-1}$ , the relevant values were calculated as 19.392  $\mu\text{gL}^{-1}$  and 18.528  $\mu\text{gL}^{-1}$  for Aldrin and Endrin. Beside, at 0.370  $\mu\text{gL}^{-1}$  spike level, recovery of heptachlor was obtained as 0,329  $\mu\text{gL}^{-1}$ . When at the spike level 11.840  $\mu\text{gL}^{-1}$ , recovery values were determined as 10.791  $\mu\text{gL}^{-1}$  for its. To the others different spike levels, when the lowest spike levels were compared with the highest spike levels belong to  $\delta$ -HCH, Endrin-aldehyde, and Endosulfan-sulfate, All of them were showed higher recovery value. However, lower recovery results were observed for  $\gamma$ -HCH, trans-Heptachlor and cis-Chlordane (Table 2.). For one pesticide,  $\alpha$ -Endosulfan, there was no significant difference between the lowest and the highest spike levels.

### Limit of detection of extraction method

In this study, only one quantities ion was selected for each pesticide depend on ratio of Signal to Noise (S/N)  $\geq 6$ . It shows that S/N corresponding to concentration of pesticides and quantities ions of each pesticide. When concentration of pesticides was normalized based on S/N=6, such as, for  $\alpha$ -BHC

$$\frac{0.492}{7.2} \times 6 = 0.410$$

Normalized concentrations of pesticides achieved. On the other hand, to determine of LOD levels, Organic free water was enriched with pesticides via spike into it before extracted by extraction solvent. Seven independent studies were carried out for each pesticide in the amount of constant enrichment and average recoveries with standard deviations together were given Table 2. If concentration of pesticide ( $C_{Normalized}$ ) corresponding S/N, 6, is accepted as detectable lowest concentration,  $LOD_{Exp.}$  can be calculated using standard deviations ( $\sigma$ ) of the lowest concentration of pesticides at Table 2. as shown below,

$$LOD_{Exp.} = C_{Normalized} + 3\sigma$$

Similarly,

$$LOQ_{Exp.} = C_{Normalized} + 10\sigma$$

can be calculated also. Beside, LOD was calculated based on the standard deviation of the response ( $S_y$ ) of the curve and the slope of the calibration curve ( $S$ ) at levels approximating the  $LOD_{Cal.}$  and  $LOQ_{Cal.}$  according to the formulas:

$$LOD_{Cal.} = 3.3 \left( \frac{S_y}{S} \right) \text{ and } LOQ_{Cal.} = 10 \left( \frac{S_y}{S} \right)$$

Finally, all results were given in Table 2.

According to Table 2. when  $LOD_{Exp.}$  and  $LODCal$  were compared as proportionally each other, it was observed significant differences altering from 1 to 16. It was observed that the ratios of  $LOD_{Exp.} / LOD_{Cal.}$  were changed a group of pesticides of trans-Heptachlor,  $\gamma$ -HCH,  $\alpha$ -Endosulfan,  $\alpha$ -BHC, trans-Chlordane, Endrin-aldehyde and Aldrin. On the other hand, the relevant ratio was noted as for the pesticides of Dieldrin, cis-Chlordane, Endrin, Endosulfan-sulfate,  $\beta$ -HCH,  $\delta$ -HCH,  $\beta$ -Endosulfan, Endrin-ketone, The last group consisting of heptachlor showed an increase.

### Linearity of extraction method

In this section, linearity of extraction methods was studied on recovery value correspond each spike levels of pesticides. The slope of obtained graphic for each pesticides plotted recovery percent versus spike pesticides levels represents average recovery ( $R_{ave}$ ) in the range of spike levels. Values of  $R_{ave}$  had altered from 83.2 % to 111.1 % corresponding Endrin and  $\beta$ -HCH, respectively. It was observed that  $R_{ave}$  of 16 of the total pesticides were lower than the recovery value 90%. On the other hand,  $R_{ave}$  of group of the remainder pesticides was found higher than relevant value while the  $R_{ave}$  of one of pesticides was over the recovery value 100%. Some researchers have performed pesticide extraction from various matrixes such as vegetables by applying different extraction procedures (Frenich et.al.,2005).

When the their recovery results compared with our results, in other words, when recoveries of pesticides from vegetables compared with from water, some pesticides recovery from water was observed higher than vegetables. For instance, when the recovery results of vegetables-water matrixes for Heptachlor compared with each other, the values were noted as 83.8 % - 91.0 %, respectively. On the other hand, recovery from water for a group of pesticides such as dieldrin, endrin, endrin-aldehyde,  $\alpha$ -endosulfan,  $\beta$ -endosulfan was determined lower than vegetables as 87.9 % - 109.3 %, 83.2 % -101.3 %, 92.1 % -104.3 %, 87.8 % -109.5 %, 94.0 % - 104.3 %, respectively. Surprisingly, recovery of aldrin was observed the same, 87.1 %, for each matrix. In another study that used the same matrix, almost the same value was obtained by using various solvent combination for pesticides (Corcia et.al.,1991). (Hayward et.al.,2009) reported recovery of some pesticides from *Ginseng Root* for three concentration levels using Quadrupole Mass Spectrometry (qMS) and High Resolution Time-of-Flight Mass Spectrometry (TOF).

### Recovery of extraction method

In this section, it was compared that recovery levels of pesticides between the lowest and the highest spike levels. These results may be seen in Table 2. for pesticides, the recovery percent was increased while spike levels enhanced from the lowest to the highest spike levels. An opposite status was occurred for the others. The highest improvement of recovery was obtained as 21.5 % for  $\beta$ -HCH depended on increase of spike levels. In addition to these, the rest of pesticides showed lower improvement than 10 %. On the other hand, the recovery data of pesticides were observed a deteriorating when increasing of spike levels. These deteriorations formed fewer than 10 %.

### Conclusion

In this work, a satisfactory distinction was achieved in about 23 minutes for 16 pesticides as the total analysis time. The recovery ratios of spike levels were observed change range of 82.7 % and 110.9 %. The lowest recovery value was carried out as 82.7 % at 22.400  $\mu\text{gL}^{-1}$  for Endrin. The highest recovery value was determined as 110.9 % at 16.000  $\mu\text{gL}^{-1}$  for  $\beta$ -HCH. The extraction efficiency of the pesticide group composed with a cyclohexan ring was decreased in the order of  $\beta$ -BHC >  $\delta$ -HCH >  $\alpha$ -BHC >  $\gamma$ -HCH. The efficiency of pesticides formed from two or more cyclic rings was determined in order of  $\beta$ -Endosulfan > Endosulfan-sulfate > trans-Chlordane > Endrin-aldehyde > trans-Heptachlor > Endrin-ketone >  $\alpha$ -Endosulfan > Dieldrin > Heptachlor > Aldrin > cis-Chlordane > Endrin.

**Table 2.** For each pesticides, Spike levels, Recoveries (**R**), Averages of Recoveries (**R<sub>Aver.</sub>**), Percents of Recoveries (**Rec.%**), Percent of Standard Deviations (**STD %**), LOD and LOQ values

No	Pesticides	Spike ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	Recovery ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )							Rec. %	STD %	LOD <sub>Cal.</sub> (LOD <sub>Exp.</sub> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	LOQ <sub>Cal.</sub> (LOQ <sub>Exp.</sub> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>					R <sub>Aver.</sub>
1	$\alpha$ -BHC	0.500	0.525	0.438	0.515	0.495	0.407	0.427	0.430	0.462	92.4	10.3	0.046 (0.537)	0.138 (0.832)
		1.000	0.860	1.080	0.890	1.070	0.920	0.920	0.960	0.957	95.7	9.0		
		2.000	1.800	2.020	1.760	1.800	1.940	2.102	1.820	1.892	94.6	6.9		
		4.000	3.600	3.680	3.760	4.200	3.680	3.384	3.606	3.701	92.5	6.7		
		8.000	7.120	8.400	6.880	8.000	6.960	7.120	6.320	7.257	90.7	9.8		
		16.000	13.920	14.400	13.440	14.400	15.200	15.680	14.560	14.514	90.7	5.2		
2	$\beta$ -HCH	0.500	0.479	0.458	0.451	0.425	0.447	0.446	0.420	0.447	89.4	4.4	0.051 (0.325)	0.156 (0.413)
		1.000	0.920	0.870	1.059	0.950	0.900	0.892	0.869	0.923	92.3	7.2		
		2.000	1.760	1.960	1.736	1.860	1.936	2.160	1.780	1.885	94.2	7.9		
		4.000	3.920	3.520	3.760	3.680	4.200	3.680	4.120	3.840	96.0	6.5		
		8.000	7.600	7.200	8.240	7.200	8.800	8.800	7.200	7.863	98.3	9.4		
		16.000	16.800	17.920	17.440	18.400	19.200	16.480	17.920	17.737	110.9	5.2		
3	$\gamma$ -HCH	0.720	0.687	0.667	0.661	0.624	0.656	0.655	0.616	0.652	90.6	3.8	0.048 (0.675)	0.144 (0.836)
		1.440	1.382	1.325	1.526	1.454	1.541	1.296	1.382	1.415	98.3	6.7		
		2.880	2.707	2.604	2.575	2.995	2.592	2.794	2.621	2.698	93.7	5.6		
		5.760	5.184	5.126	5.357	6.048	5.011	5.126	4.954	5.258	91.3	7.1		
		11.520	9.907	10.253	12.096	9.446	9.677	9.331	10.253	10.138	88.0	9.2		
		23.040	19.904	19.354	20.966	20.045	20.045	19.584	20.736	20.091	87.2	2.9		
4	$\delta$ -HCH	0.420	0.379	0.370	0.366	0.344	0.368	0.366	0.343	0.362	86.3	3.7	0.053 (0.308)	0.160 (0.379)
		0.840	0.689	0.722	0.739	0.689	0.655	0.722	0.731	0.707	84.1	4.3		
		1.680	1.378	1.314	1.546	1.344	1.478	1.411	1.378	1.407	83.7	5.7		
		3.360	3.125	3.125	3.000	3.259	3.024	3.158	3.024	3.102	92.3	3.0		
		6.720	6.518	6.048	5.712	6.048	5.846	6.518	6.182	6.125	91.1	5.0		
		13.440	11.962	12.499	12.902	11.962	13.843	11.021	12.634	12.403	92.3	7.1		
5	Heptachlor	0.370	0.352	0.345	0.341	0.309	0.332	0.327	0.295	0.329	88.8	6.2	0.070 (0.248)	0.213 (0.339)
		0.740	0.585	0.703	0.688	0.651	0.636	0.792	0.784	0.691	93.4	11.0		
		1.480	1.243	1.154	1.273	1.243	1.273	1.214	1.169	1.224	82.7	3.9		
		2.960	2.309	2.694	2.575	2.634	2.723	3.078	2.664	2.668	90.1	8.5		
		5.920	5.387	5.091	5.387	5.742	4.440	5.150	5.150	5.193	87.7	7.7		
		11.840	10.182	11.130	10.182	9.354	11.248	12.314	11.130	10.791	91.1	8.9		

Table 2. Continues..

No	Pesticides	Spike ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	Recovery ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )								Rec. %	STD %	LOD <sup>Cal.</sup> (LOD <sup>Exp.</sup> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	LOQ <sup>Cal.</sup> (LOQ <sup>Exp.</sup> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>Aver.</sub>				
6	Aldrin	0.700	0.629	0.597	0.592	0.559	0.600	0.597	0.563	0.591	84.4	4.1	0.037 (0.414)	0.112 (0.520)
		1.400	1.176	1.092	1.204	1.176	1.204	1.148	1.106	1.158	82.7	3.9		
		2.800	2.184	2.548	2.436	2.492	2.576	2.912	2.520	2.524	90.1	8.5		
		5.600	5.096	4.816	5.096	5.432	4.200	4.872	4.872	4.912	87.7	7.7		
		11.200	9.632	10.528	9.632	8.848	10.640	11.648	10.528	10.208	91.1	8.9		
		22.400	18.816	17.472	20.384	23.296	16.800	19.488	19.488	19.392	86.6	10.9		
7	trans-Heptachlor	0.800	0.808	0.777	0.773	0.727	0.772	0.769	0.719	0.764	95.4	4.0	0.038 (0.693)	0.115 (0.867)
		1.601	1.248	1.649	1.377	1.505	1.248	1.473	1.553	1.436	89.7	10.6		
		3.201	2.753	2.785	2.913	2.753	2.913	2.849	3.329	2.899	90.6	6.9		
		6.403	6.723	6.146	6.659	5.058	6.659	5.634	5.314	6.028	94.1	11.5		
		12.805	11.012	11.396	9.604	12.165	9.604	13.061	10.116	10.994	85.9	12.0		
		25.610	23.305	23.049	22.281	24.073	22.281	23.049	19.464	22.500	87.9	6.6		
8	cis-Chlordane	0.460	0.453	0.432	0.430	0.398	0.429	0.425	0.398	0.424	92.1	4.6	0.042 (0.349)	0.127 (0.448)
		0.920	0.773	0.718	0.791	0.773	0.791	0.754	0.727	0.761	82.7	3.9		
		1.840	1.435	1.674	1.601	1.638	1.693	1.914	1.656	1.659	90.1	8.5		
		3.680	3.349	3.165	3.349	3.570	2.760	3.202	3.202	3.228	87.7	7.7		
		7.360	6.330	6.918	6.330	5.814	6.992	7.654	6.918	6.708	91.1	8.9		
		14.720	12.365	11.482	13.395	15.309	11.040	12.806	12.806	12.743	86.6	10.9		
9	$\alpha$ -Endosulfan	0.800	0.757	0.726	0.719	0.668	0.724	0.712	0.669	0.710	88.8	4.5	0.029 (0.393)	0.088 (0.502)
		1.601	1.681	1.537	1.665	1.264	1.665	1.409	1.329	1.507	94.1	11.5		
		3.201	2.657	3.105	3.329	2.657	2.529	2.913	2.433	2.803	87.6	11.6		
		6.403	5.378	4.994	5.826	6.659	4.802	5.570	5.570	5.543	86.6	10.9		
		12.805	9.988	13.189	11.012	12.037	9.988	11.781	12.421	11.488	89.7	10.6		
		25.610	23.305	22.025	23.305	24.842	19.208	22.281	22.281	22.464	87.7	7.7		



Table 2. Continues..

No	Pesticides	Spike ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	Recovery ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )							Rec. %	STD %	LOD <sub>Cal.</sub> (LOD <sub>Exp.</sub> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	LOQ <sub>Cal.</sub> (LOQ <sub>Exp.</sub> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	
			R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>					R <sub>Aver.</sub>
10	trans-Chlordane	0.500	0.486	0.469	0.466	0.432	0.465	0.460	0.431	0.458	91.7	4.4	0.033 (0.410)	0.100 (0.521)
		1.000	0.840	0.780	0.860	0.840	0.860	0.820	0.790	0.827	82.7	3.9		
		2.000	1.640	2.080	1.740	2.080	1.740	1.880	1.820	1.854	92.7	9.2		
		4.000	3.440	3.480	3.640	3.440	3.640	3.560	4.160	3.623	90.6	6.9		
		8.000	7.280	6.880	7.280	7.760	6.000	6.960	6.960	7.017	87.7	7.7		
		16.000	14.560	14.400	13.920	15.040	13.920	14.400	12.160	14.057	87.9	6.6		
11	Dieldrin	0.330	0.316	0.296	0.293	0.270	0.296	0.291	0.271	0.290	88.0	5.5	0.039 (0.317)	0.119 (0.422)
		0.660	0.693	0.634	0.686	0.521	0.686	0.581	0.548	0.621	94.1	11.5		
		1.320	1.135	1.175	0.990	1.254	0.990	1.346	1.043	1.133	85.9	12.0		
		2.640	2.165	2.746	2.297	2.746	2.297	2.482	2.402	2.448	92.7	9.2		
		5.280	4.118	5.438	4.541	4.963	4.118	4.858	5.122	4.737	89.7	10.6		
		10.560	9.610	9.504	9.187	9.926	9.187	9.504	8.026	9.278	87.9	6.6		
12	Endrin	0.700	0.675	0.670	0.637	0.633	0.639	0.626	0.616	0.642	91.7	3.4	0.059 (0.466)	0.180 (0.567)
		1.400	1.162	1.358	1.456	1.162	1.106	1.274	1.064	1.226	87.6	11.6		
		2.800	2.352	2.184	2.548	2.912	2.100	2.436	2.436	2.424	86.6	10.9		
		5.600	4.648	5.432	5.824	4.648	4.424	5.096	4.256	4.904	87.6	11.6		
		11.200	9.632	9.744	10.192	9.632	10.192	9.968	11.648	10.144	90.6	6.9		
		22.400	18.816	17.472	19.264	18.816	19.264	18.368	17.696	18.528	82.7	3.9		
13	$\beta$ -Endosulfan	0.200	0.190	0.178	0.173	0.155	0.178	0.175	0.160	0.173	86.4	6.8	0.034 (0.193)	0.102 (0.269)
		0.400	0.336	0.312	0.344	0.336	0.344	0.328	0.316	0.331	82.7	3.9		
		0.800	0.728	0.688	0.728	0.776	0.600	0.696	0.696	0.702	87.7	7.7		
		1.600	1.472	1.472	1.424	1.408	1.632	1.504	1.440	1.479	92.4	5.1		
		3.200	2.656	3.104	3.328	2.656	2.528	2.912	2.432	2.802	87.6	11.6		
		6.400	6.720	6.144	6.656	5.056	6.656	5.632	5.312	6.025	94.1	11.5		

Table 2. Continues..

No Pesticides	Spike ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	Recovery ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )								Rec. %	STD %	LOD <sub>Cal.</sub> (LOD <sub>Exp.</sub> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	LOQ <sub>Cal.</sub> (LOQ <sub>Exp.</sub> ) ( $\mu\text{gL}^{-1}$ )	
		R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>	R <sub>6</sub>	R <sub>7</sub>	R <sub>Aver.</sub>					
14	Endrin-aldehyde	0.450	0.418	0.394	0.382	0.344	0.397	0.383	0.354	0.382	84.8	6.6		
		0.900	0.702	0.819	0.783	0.801	0.828	0.936	0.810	0.811	90.1	8.5		
		1.800	1.638	1.548	1.638	1.746	1.350	1.566	1.566	1.579	87.7	7.7	0.031	0.092
		3.600	3.096	3.384	3.096	2.844	3.420	3.744	3.384	3.281	91.1	8.9	(0.361)	(0.500)
		7.200	6.048	5.616	6.552	7.488	5.400	6.264	6.264	6.233	86.6	10.9		
		14.400	13.248	13.248	12.816	12.672	14.688	13.536	12.960	13.310	92.4	5.1		
15	Endosulfan-sulfate	0.190	0.169	0.170	0.163	0.138	0.171	0.164	0.144	0.160	84.1	8.2		
		0.380	0.391	0.331	0.365	0.338	0.395	0.342	0.395	0.365	96.1	7.9		
		0.760	0.593	0.692	0.654	0.714	0.593	0.699	0.737	0.669	88.0	8.6	0.026	0.078
		1.520	1.262	1.474	1.581	1.262	1.201	1.383	1.155	1.331	87.6	11.6	(0.176)	(0.257)
		3.040	2.554	2.371	2.766	3.162	2.280	2.645	2.645	2.632	86.6	10.9		
		6.080	5.715	5.229	5.533	6.323	4.560	5.290	5.290	5.420	89.1	9.9		
16	Endrin-ketone	0.200	0.189	0.193	0.180	0.157	0.191	0.185	0.165	0.180	90.0	7.6		
		0.400	0.344	0.376	0.344	0.316	0.380	0.416	0.376	0.365	91.1	8.9		
		0.800	0.672	0.624	0.728	0.832	0.600	0.696	0.696	0.693	86.6	10.9	0.030	0.090
		1.600	1.328	1.552	1.664	1.328	1.264	1.456	1.216	1.401	87.6	11.6	(0.184)	(0.264)
		3.200	2.496	2.912	2.752	3.008	2.496	2.944	3.104	2.816	88.0	8.6		
		6.400	5.824	5.504	5.824	6.208	4.800	5.568	5.568	5.614	87.7	7.7		

## REFERENCES

- Abrams P.A., 1995. Implications of dynamically variable traits for identifying, classifying, and measuring direct and indirect effects in ecological communities, *Am.Nat.*, 146 112–134
- Ahmadi F., Assadi Y., Hosseini S.M.R. M., Rezaee M., 2006. Determination of organophosphorus pesticides in water samples by single drop microextraction and gas chromatography-flame photometric detector, *Journal of Chromatography A*, 1101 307-312.
- Alexandratos N., Bruinsma J., 2012., *World Agriculture Towards 2030/2050.*, ESA Working Paper No.12-03
- Bevan M.W., Flavell R. B., Chilton M.D., A., 1983. chimaeric antibiotic resistance gene as a selectable marker for plant cell transformation. *Nature*. 304 184–187.
- Biswasa S., Mondal R., Mukherjee A., Sarkara M., Kole R.K., 2019. Simultaneous determination and risk assessment of fipronil and its metabolites in sugarcane, using GC-ECD and confirmation by GC-MS/MS, *Food Chemistry*, 272 559–567.
- Bock B. R., 1984. Efficient use of nitrogen in cropping systems. *Nitrogen in Crop Production*. American Society of Agronomy, Wisconsin.
- Brito N.M., Navickiene S., Polese L., Jardim E.F.G., Abakerli R.B., Ribeiro M.L., 2002. Determination of pesticide residues in coconut water by liquid–liquid extraction and gas chromatography with electron-capture plus thermionic specific detection and solid-phase extraction and high-performance liquid chromatography with ultraviolet detection, *Journal of Chromatography A*, 957 201-209.
- Douglas L., MacKinnon G., Cook G., Duncan H., Briddon A., Seamark S., 2018. Determination of chlorpropham (CIPC) residues, in the concrete flooring of potato stores, using quantitative (HPLC UV/VIS) and qualitative (GCMS) methods, *Chemosphere*, 195 119-124.
- Fillion J., Sauve F., Selwyn J., 2000. Multiresidue method for the determination of residues of 251 pesticides in fruits and vegetables by gas chromatography/mass spectrometry and liquid chromatography with fluorescence detection, *J AOAC Int.*, 83 698–713
- Frenich A.G., Gonzalez-Rodriguez M.J, Arrebola F.J., Vida J.L.M., 2005. Potentiality of Gas Chromatography-Triple Quadrupole Mass Spectrometry in Vanguard and Rearguard Methods of Pesticide Residues in Vegetables, *Anal. Chem*, 77 4640-4648.
- Garcia-Reyes J.F., Gilbert-Lopez B., Molina-Diaz A., 2008. Determination of Pesticide Residues in Fruit-Based Soft Drinks, *Anal. Chem*. 80 8966–8974
- Grimalt S., Pozo O.J., Sancho J.V., Hernandez F., 2007. Use of Liquid Chromatography Coupled to Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry To Investigate Pesticide Residues in Fruits, *Anal. Chem.*, 79 2833-2843.
- Hernández A.F., Parrón T., Tsatsakis A.M., Requena M., Alarcon R.,Guarnido O.L, 2013. Toxic effects of pesticide mixtures at a molecular level: Their relevance to human health. *Toxicology*, 307 136-145.
- Kusvuran E., Yildirim D., Mavruk F., Ceyhan M., 2012. Removal of chloropyrifos ethyl, tetradifon and chlorothalonil pesticide residues from citrus by using ozone, *Journal of Hazardous Materials*, 241-242 287-300.
- Lawrence J.F., 1976. A Comparison of Electron-Capture GLC, Electrolytic-Conductivity GLC and UV-Absorption HPLC for the Analysis of Some Herbicides in Foods, *Journal of Chromatographic Science*, 14 557–559.
- Lehotay S.J., 2005. Validation of a Fast and Easy Method for the Determination of Residues from 229 Pesticides in Fruits and Vegetables Using Gas and Liquid Chromatography and Mass Spectrometric Detection, *Journal Of AOAC International*, 88 595-614.
- Public Health Impact of Pesticides Used in Agriculture, Geneva, WHO, accessed 8 June 2019.
- Santos Delgado M.J., Rubio Barroso S., Fernández-Tostado G.T., Polo-Díez L.M., 2001. Stability studies of carbamate pesticides and analysis by gas chromatography with flame ionization and nitrogen–phosphorus detection, *Journal of Chromatography A*, 921 287-296.
- Thier HP., Zeumer H., 1992. *Manual of pesticide residue analysis*, Weinheim: Wiley VCH, II 26–28. Van Zoonen P., 1998. *Analytical methods for residues of pesticides in Foodstuffs*, 6th edition. Part I. Annex B. The Hague: General Inspectorate for Health Protection, 1–8.
- Wu J., Tragas C., Lord H., Pawliszyn J., Analysis of polar pesticides in water and wine samples by automated in-tube solid-phase microextraction coupled with high-performance liquid chromatography–mass spectrometry, *Journal of Chromatography A*, 976 (2002) 357-367.

## Elektrikli araçlar için bir fazlı köprüsüz güç faktörü düzeltmeli şarj cihazı tasarımı

Harun Özbay\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1068-244X>)

\*Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Mühendisliği  
Bölümü, Balıkesir Bandırma, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: hozbay@bandirma.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada elektrikli araçlar için düşük toplam harmonik bozulma (THD) ve yüksek güç faktörlü (PF) bir fazlı köprüsüz bir batarya şarj cihazı önerilmiştir. Geleneksel azaltan güç faktörü düzeltmeli (buck PFC) dönüştürücüdeki giriş köprüsü kaldırılmasıyla elde edilen köprüsüz dönüştürücü sayesinde karmaşıklık azaltılmış ve genel verimlilik artırılmıştır. Ayrıca, önerilen sistem sayesinde, güç anahtarlarında sıfır gerilimde kesim, çıkış diyotunda sıfır gerilimde iletim ve sürekli giriş akımı gibi bazı avantajlar da sağlanmaktadır. Böylelikle elektromanyetik gürültü (EMI) emisyonları minimuma indirilmiş ve giriş akımında düşük toplam harmonik bozulma (THD) ile yüksek güç faktörü elde edilmiştir. Önerilen sistemin performansı, PSIM ile gerçekleştirilen simülasyon çalışmaları kullanılarak değerlendirilmiş ve TMS320F28027 DSP işlemcisi için gömülü kodlar elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli araç, batarya şarj sistemi, PFC, THD, PSIM

### Design of single phase bridgeless power factor corrected battery charger for electric vehicle

#### Abstract

In this study, a single-phase bridgeless battery charger with low total harmonic distortion (THD) and high power factor (PF) is proposed for electric vehicles. The complexity is reduced and overall efficiency is increased thanks to the bridgeless converter achieved by removing the input bridge from the conventional buck PFC converter. In addition, thanks to the proposed system, some advantages such as zero voltage cutoff in power switches, zero voltage conduction in the output diode and continuous input current are provided. Thus, electromagnetic noise (EMI) emissions have been minimized and a high power factor with low total harmonic distortion (THD) in the input current has been achieved. The performance of the proposed system is evaluated using simulation studies performed with PSIM and embedded codes are obtained for the TMS320F28027 DSP processor.

**Keywords:** Electric vehicle, battery charger, PFC, THD, PSIM

#### GİRİŞ

Elektrikli araçların ulaşım sektöründeki yerinin artmasıyla birlikte, şarj istasyonlarının da artması kaçınılmazdır. Bu artış beraberinde şebeke üzerinde olumsuz etkilerin oluşmasını da tetikleyecektir (Özbay ve ark., 2020). Şebekeye bağlı elektrikli araç şarj cihazları güç sistemlerinde harmonikli akımlara neden olmaktadır. Şarj Cihazındaki pasif elemanların güç sistemine bağlanması ile sinüzoidal olmayan büyüklükler ortaya çıkmaktadır. Bu harmonikli akımlar gerilim bozulmalarına, ısıtma, gürültü gibi çeşitli sorunlara neden olmakta ve enerji sağlamak için hattın kapasitesini azaltmaktadır (Ma ve ark., 2009).

Güç faktörünü (PF) geliştirmek için AC akımlardaki harmoniklerin azaltılması, gürültü ve elektromanyetik kirliliğin azaltılması, bileşenlerin en az sayıda kullanılması ve mevcut verimliliğin artırılması gerekmektedir (Singh ve ark., 2010). Gelişmiş güç faktörü elde etmek için kullanılan dönüştürücüler güç faktörü düzelticileri (PFC) olarak adlandırılmaktadır. PFC'ler aktif veya pasif olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadırlar. Elektrikli araçların şarj cihazlarında genellikle aktif PFC dönüştürücüler kullanılarak şebekenin güç faktörü 1'e yaklaştırılır ve şebekeden harmonik içeriği azaltılmış sinüse yakın akımlar çekilerek güç kalitesi düzeltilebilmektedir (Egan ve ark., 2007).

Dünyada, şebekeye bağlanan her hangi bir cihaz, EN 61000-3-2 standardında verilen giriş hat akımı harmonik sınır değerlerini sağlamak zorundadır. Bu standarda göre giriş akım harmoniklerinin sınırlanması yeterli olduğundan birim güç faktörünün sağlanması gerekli değildir. Ancak standardı anlamak, PFC tekniklerini

standartta göre değerlendirmek ve standartta bazı değişiklikler yaparak toplam maliyeti ve performansı optimize etmek önemlidir (EPSMA, 2010).

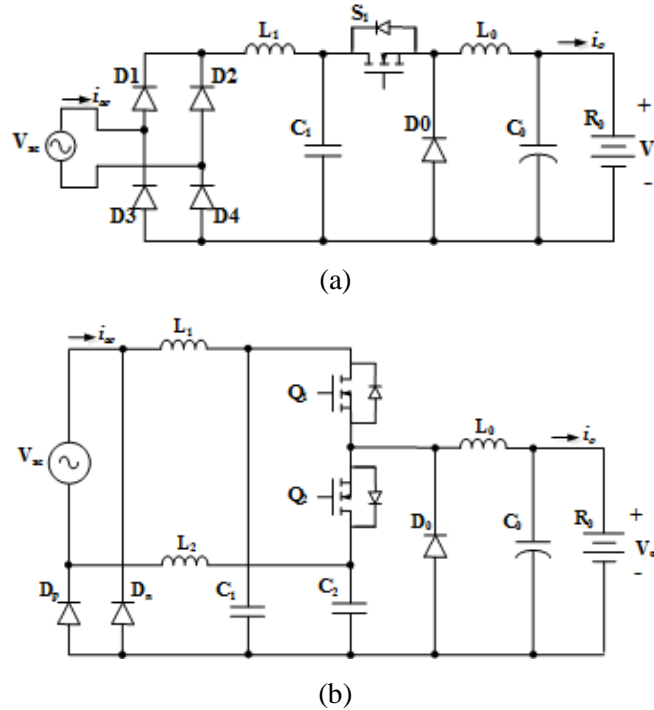
Bu bakımdan standartlar, doğrultucu güç sistemlerinde PFC devrelerinin kullanılmasına zorlamaktadır. Bir fazlı PFC devreleri, basit devre yapısı, düşük akım ve gerilimleri, düşük bileşen sayısı, kontrol kolaylığı vb. nedenleriyle düşük güçten orta güç düzeyine kadar değişen uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Kouzou ve ark., 2018). Yaygın olarak kullanılan PFC dönüştürücüler Boost (Malekanehrad ve ark., 2018), Buck (Huang ve ark., 2016) ve Buck-Boost (Siu ve ark., 2019) dönüştürücülerdir.

Buck dönüştürücünün DC çıkış gerilimi, AC giriş geriliminin tepe değerinden daha düşüktür, böylece bileşen değerleri ve maliyet düşmektedir. Ek olarak Buck PFC, IEC 61000-3-2'de belirtilen limitler aşıldığında dahi tüm giriş gerilimi değerlerinde yüksek verimlilik elde edilebilmektedir (Marei ve ark., 2002).

Bu çalışmada da elektrikli araçlar için DSP kontrollü, düşük toplam harmonik bozulumu (THD) ve yüksek güç faktöre (PF) sahip bir fazlı köprüsüz şarj cihazı önerilmiş ve TMS320F28335 DSP işlemcisi için gömülü kodlar elde edilmiştir.

### BİR FAZLI KÖPRÜSÜZ DÖNÜŞTÜRÜCÜ YAPISI

Elektrikli araçların batarya şarj sistemindeki buck PFC'nin çıkış gerilimi her zaman şebeke geriliminden daha düşük olmaktadır. Çalışmada, 220V şebeke gerilimi için çıkış gerilimi 72 VDC olarak ayarlanmıştır. Şekil 1 (a), geleneksel buck PFC şarj sistemini göstermektedir. İki anahtarlı köprüsüz buck PFC şarj sistemi ise Şekil 1 (b)'de görülmektedir. Geleneksel buck PFC, bir köprü diyot doğrultucu ve bir buck dönüştürücüden oluşmaktadır. Anahtar kapatıldığında, enerji bobinde depolanır ve kondansatör, direnç vasıtasıyla boşaltılmaktadır. Çıkış geriliminin görev oranı istenen değerde kontrol edilerek giriş geriliminden daha düşük bir değer elde edilmektedir. Bu topolojinin dezavantajı, köprü tarafında yüksek iletim kayıplarının meydana gelmesidir (Baek ve ark., 2017).



Şekil 1. Elektrikli araçlar için (a) geleneksel köprüsüz Buck PFC (b) köprüsüz Buck PFC şarj sistemi

Her iki anahtar da aynı kontrol sinyali ile kontrol edilmektedir. Böylece, kontrol döngüsü daha basit hale getirilmektedir. Pozitif yarım periyotta  $L_1$ ,  $C_1$ ,  $Q_1$ ,  $L_0$ ,  $D_0$  ve  $D_P$  aktif olmaktadır. Negatif yarım periyotta ise  $L_2$ ,  $C_2$ ,  $Q_2$ ,  $L_0$ ,  $D_0$  ve  $D_n$  aktif olmaktadır.

Köprüsüz buck PFC topolojisi geleneksel bir buck PFC dönüştürücü ile karşılaştırıldığında, bir bobin ve bir kondansatör fazladan kullanılmaktadır. Bu durum boyut ve maliyet nedeniyle dezavantaja neden olmaktadır. Fakat, tek bir bobin ile karşılaştırıldığında, iki bobin ile daha iyi bir ısı performansı elde edilebilmektedir.

Ayrıca, dönüş diyotları  $D_p$  ve  $D_n$  her zaman dönüş akımı için düşük empedanslı bir akım yolu sağlamaktadır. Böylece, iletim ve ısı kayıplarını azaltarak geleneksel Buck PFC dönüştürücüye kıyasla daha yüksek verimlilik elde edilmektedir (Jang ve ark., 2010).

### BİR FAZLI KÖPRÜSÜZ PFC ŞARJ CİHAZI TASARIMI

Bir fazlı köprüsüz PFC şarj cihazı tasarımında dikkat edilmesi gereken birçok faktör vardır. İlk olarak giriş kondansatörleri  $C_1$  ve  $C_2$  Denklem 1'den hesaplanabilir;

$$C_1 = C_2 = \frac{KT_s}{2R_L} \quad (1)$$

Formüldeki  $T_s$ , anahtarlama periyodunu temsil etmektedir.  $K$  sabiti ise aşağıdaki gibi seçilmelidir;

$$K < \frac{D^2(1-D)}{\eta} \quad (2)$$

Formüldeki  $D$ , anahtarlama hızını,  $\eta$  verimliliği ifade etmektedir.  $L_1$  ve  $L_2$  bobinleri, hat gerilimi ile giriş akımı arasındaki faz kaymasını minimuma indirecek kadar küçük olmalıdır. Ayrıca,  $L_1$  ve  $L_2$  bobinleri, giriş kondansatörleri  $C_1$  ve  $C_2$  ile rezonansa girmeyecek kadar büyük olmalıdır;

$$L_1 = L_2 < \frac{(1-D)^2 T_s}{4\pi C_1 f_L} \quad L_1 = L_2 > \frac{1}{C_1} \left( \frac{(1-D) T_s}{2\pi} \right)^2 \quad (3)$$

Formüldeki  $f_L$ , hat frekansını temsil etmektedir. Çıkıştaki  $L_0$  bobini ise, dönüştürücü giriş akımının maksimum noktası (tepe noktası)  $I_m$ 'ye göre seçilmelidir;

$$L_0 = \frac{1}{2I_m f_s} (V_m - V_o) \frac{V_o}{V_m} \quad (4)$$

Formüldeki  $V_m$ , dönüştürücü maksimum giriş gerilimi değerini,  $V_o$  ise çıkış gerilimini,  $f_s$  anahtarlama frekansını ve  $I_m$  giriş akımının maksimum değerini ifade etmektedir. Bu aşamadan sonra da çıkış geriliminin istenilen frekansta dalgalanma değerine ( $\theta\%$ ) göre çıkış kondansatörü seçilmektedir;

$$\theta_{\%} = 2 \cos^{-1} \left( \frac{V_{des}}{V_m} \right) \frac{1}{\pi} \quad (5)$$

$$C_o = \frac{P_L (1 - \theta_{\%})}{V_o^2 \Delta V_{des\%} 2f_L} \quad (6)$$

Formüldeki  $V_{des}$ , istenen çıkış gerilimini,  $P_L$  dönüştürücünün çıkış gücünü,  $\Delta V_{des\%}$  ise çıkış geriliminin dalgalanma miktarını ifade etmektedir.

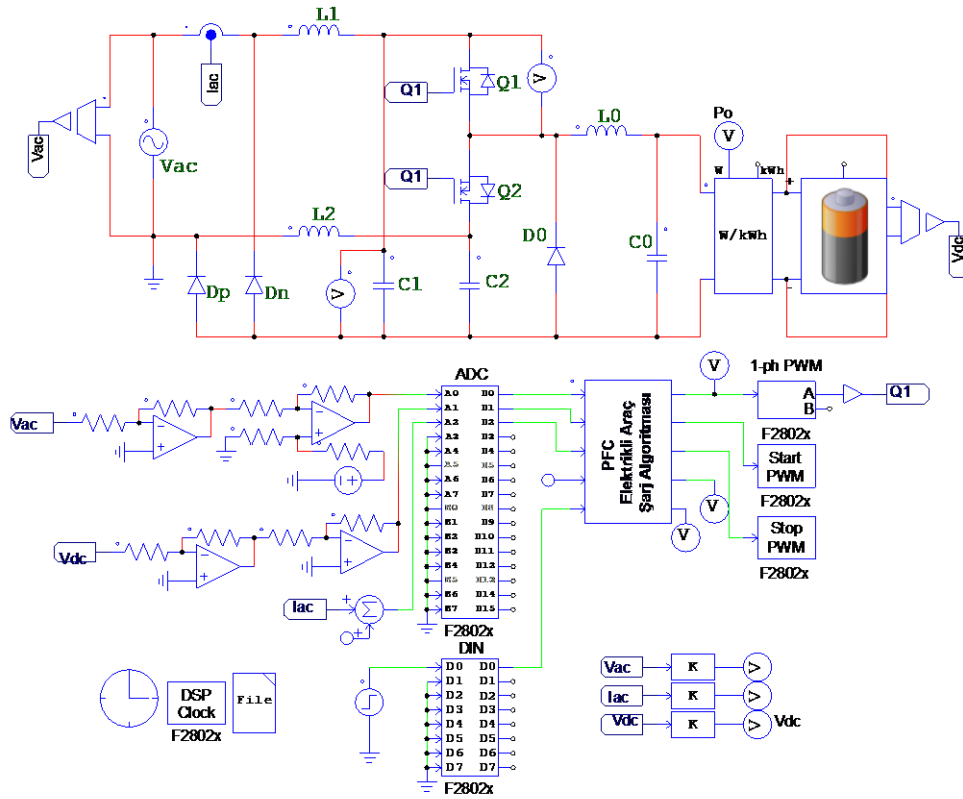
### BİR FAZLI KÖPRÜSÜZ PFC ŞARJ CİHAZI PSIM SİMÜLASYON SONUÇLARI

İki aktif anahtarlı köprüsüz buck PFC şarj cihazı Tablo 1'de gösterilen parametreler kullanılarak simüle edilmiştir. Simülasyonda bir tane PI gerilim kontrol döngüsü ve bir tane PI akım kontrol döngüsü kullanılmıştır. Böylece önerilen sistemde daha yüksek PF ve daha düşük THD değerleri elde edilmiştir. Ayrıca kontrolcüye girilen referans değeri ile çıkış gerilimi istenilen değerde kontrol edebilmektedir.

**Tablo 1.** Simülasyonda Kullanılan Dönüştürücü Parametreleri

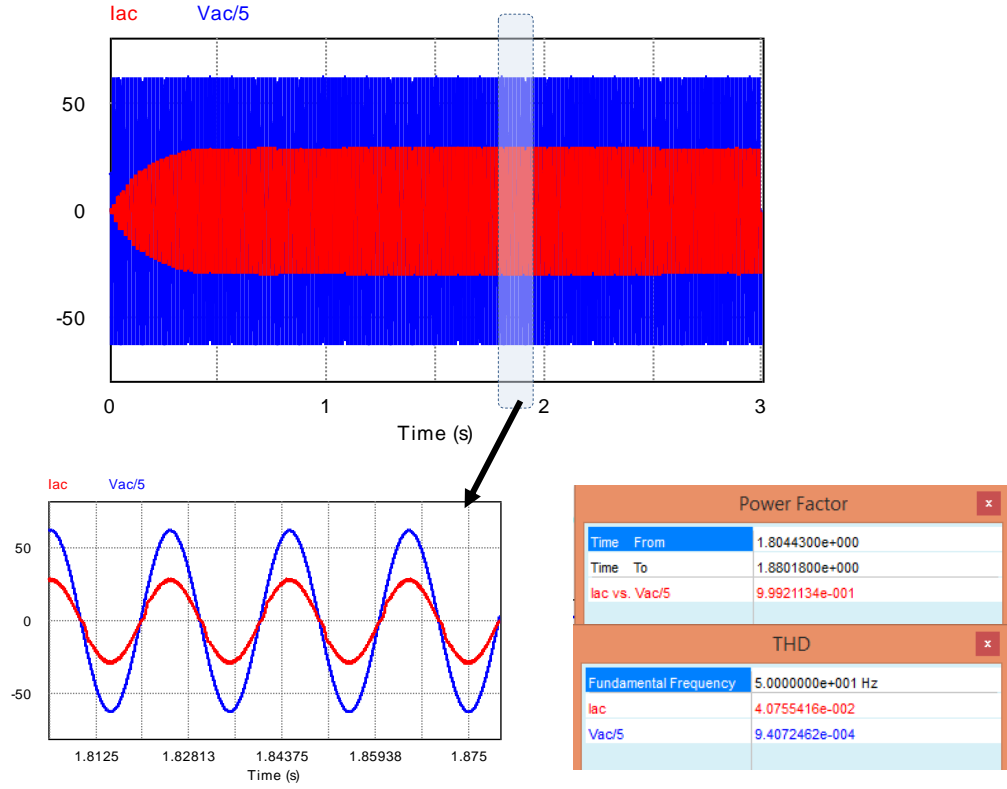
Dönüştürücü Parametreleri		Değer
Giriş Bobinleri	$L_1, L_2$	2 mH
Çıkış Bobini	$L_o$	25 $\mu$ H
Giriş Kapasitesi	$C_1, C_2$	68 nF
Çıkış Kapasitesi	$C_o$	3000 $\mu$ F
Giriş gerilimi	$V_{rms}$	220 V
Çıkış Gücü	$P_o$	1500 W
Çıkış Gerilimi	$V_o$	72 V
Şebeke frekansı	$f_L$	50 Hz
Anahtarlama frekansı	$f_s$	50 kHz

Şekil 2’de bir fazlı köprüsüz PFC batarya şarj sisteminin akım ve gerilim kontrolü için simülasyon devresi görülmektedir.



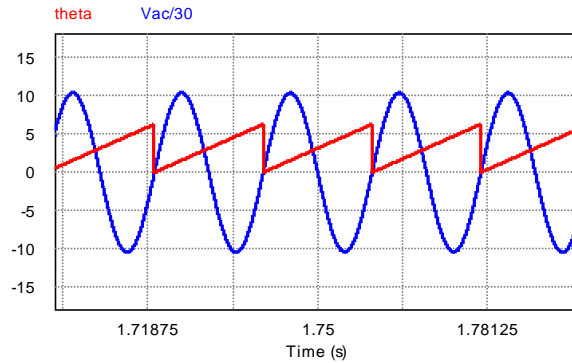
**Şekil 2.** Elektrikli araçlar için bir fazlı köprüsüz PFC batarya şarj sistemi PSIM simülasyon devresi

Şekil 3’te önerilen sistemin giriş akımı ve gerilimi için simülasyon sonuçları görülmektedir. Sonuçlara göre giriş akımı ile giriş geriliminin ile aynı fazda olduğu görülmektedir. Bir fazlı köprüsüz PFC batarya şarj sistemi, 50 kHz anahtarlama frekansı, 220V giriş gerilimi ve 1500 W çıkış gücünde çalıştırılmıştır. PF ve THD değerleri sırasıyla %0,9992 ve %4,0755 olarak ölçülmüştür.

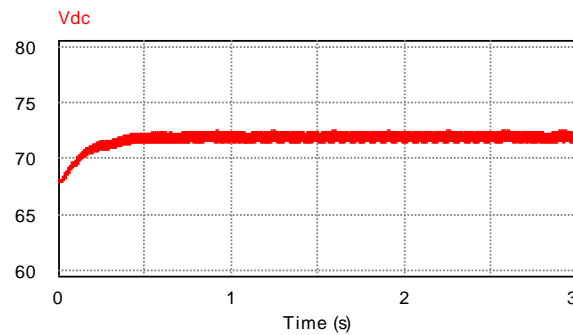


Şekil 3. Giriş geriliminin ve akımının PSIM simülasyon sonucu

Şekil 4'te kontrol algoritmasının şebeke frekansına PLL döngüsü ile kilitlenerek aynı frekansta açılma hızı değerinin üretimi görülmektedir. Şekil 5'te çıkış geriliminin 100 Hz frekans ile dalgalanarak 72 V civarında sabit şekilde bataryaya güç aktarıldığı görülmektedir.



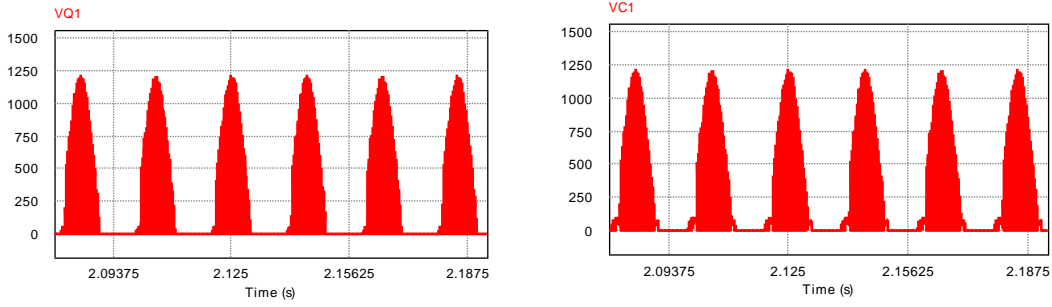
Şekil 4. PLL algoritmasının şebeke ile aynı frekansta açılma hızı değeri üretimi



Şekil 5. Bir fazlı köprüsüz PFC batarya şarj cihazı 1500 W güç aktarımında çıkış gerilimi

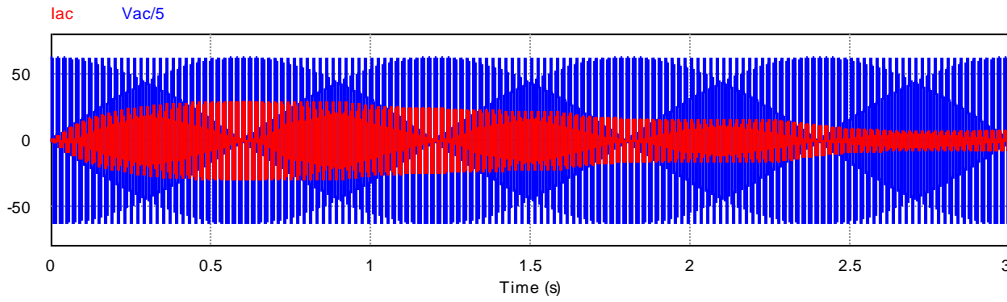


Kondansatör ve anahtar üzerindeki gerilim stresi Şekilde 6’da gösterildiği gibi 1200V civarındadır. Bu nedenle kondansatör ve anahtar seçimi yapılırken bu gerilim değerlerinin dikkate alınması gerekmektedir.

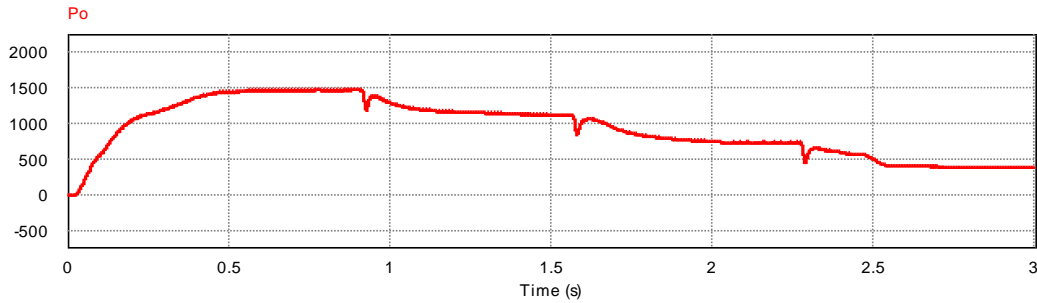


Şekil 6. Anahtar ( $Q_1$ ) ve kondansatör ( $C_1$ ) üzerindeki gerilim stresleri

Şekil 7’deki simülasyon sonuçlarında elektrikli araç bataryasının başlangıçta 68 V değerinden giderek şarj olma durumundaki şebeke gerilimi ve çekilen akım değerleri görülmektedir. Şarj süresi boyunca ise bataryanın şebekeden çektiği güç Şekil 8’de görülmektedir.

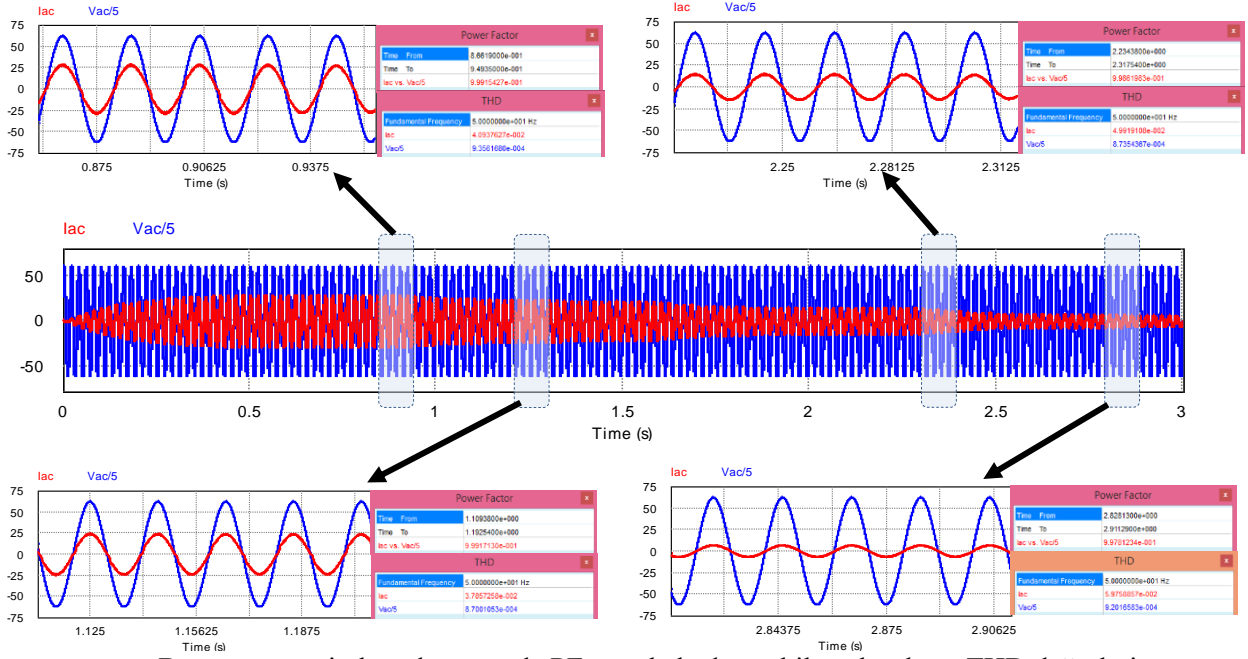


Şekil 7. Batarya başlangıç gerilimi 68 V iken şarj olma durumunda şebeke akımı ve gerilimi



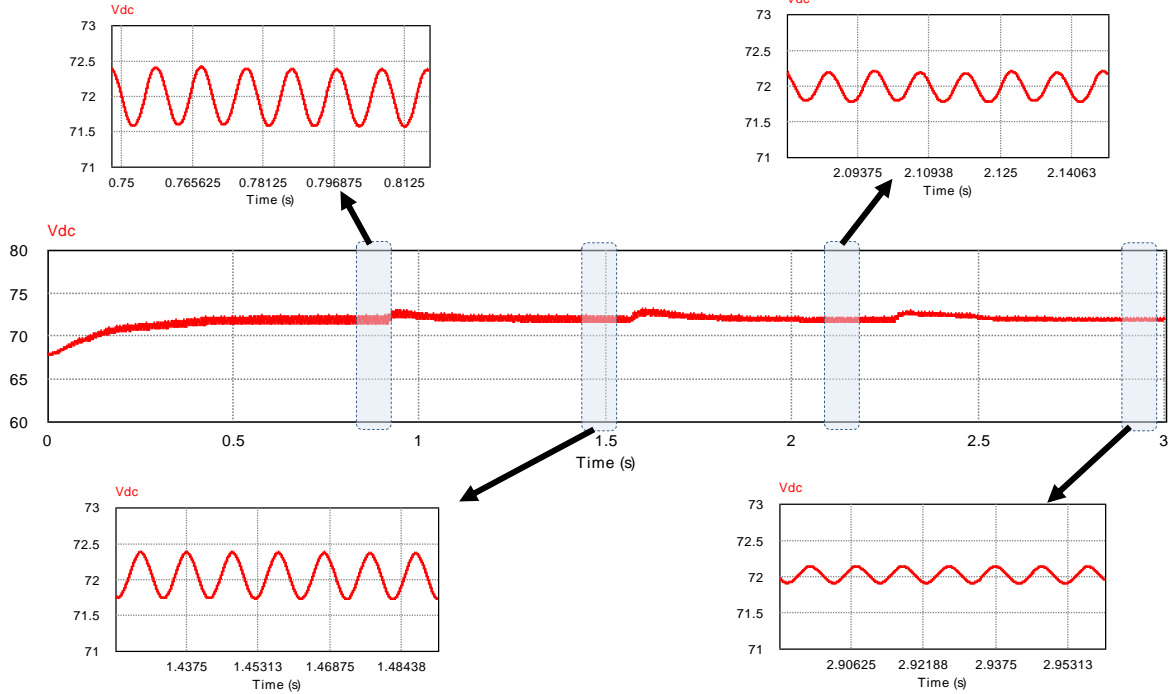
Şekil 8. Batarya başlangıç gerilimi 68 V iken şarj olma durumunda şebekeden çekilen güç

Şekil 9’da bataryanın şarj olma süresince şebekeden çekilen her güç durumu için PF ve THD değerleri görülmektedir. Simülasyon sonuçları incelendiğinde tüm çekilen güç değerlerinde PF 0,99 üzerinde olduğu görülmektedir. THD değerleri ise güç aktarımının 250 W altında olduğu durum hariç hepsinde %5 değerinin altında olduğu görülmektedir. Bu durum kontrol algoritmasının başarımını göstermektedir.



Şekil 9. Bataryanın şarj olma durumunda PF ve şebekeden çekilen akımların THD değerleri

Şekil 10'da bataryanın şarj olma süresince üzerine düşen şarj geriliminin simülasyon sonucu görülmektedir. Sonuçlardan görüldüğü gibi, çıkış gerilimi, kısa sürede istenilen 72 V değerinde sabitlenerek, 100 Hz frekansta 71,5 V, 72,5 V arasında salınmaktadır. Çıkış kondansatörü ile salınım miktarı da ayarlanabilmektedir.



Şekil 10. Bataryanın şarj olma durumunda batarya şarj gerilimi

## SONUÇ

Bu çalışmada, elektrikli araçlar için bir fazlı köprüsüz PFC şarj cihazı tasarlanmış ve kontrolü DSP ile yapılmıştır. Sürekli giriş akımı ve sıfır gerilimde anahtarlama ile elektromanyetik girişim (EMI) gürültüsü emisyonu en aza indirgenmiştir. Tasarlanan sistem ile 72 voltluk elektrikli araç bataryaları 1,5 kW'a kadar güç aktarımı ile şarj edilebilmektedir. Ayrıca, akım ve gerilim kontrol döngüsü ile giriş akımında düşük toplam harmonik bozulma (THD) ve yüksek güç faktörü (PF) elde edilmiştir. Böylece, önerilen sistem ile EN61000-3-2 uluslararası standartlara uygun hale getirilmiştir. Sistemin performansını değerlendirmek için PSIM

yazılımı ile simülasyon çalışmaları yapılmış ve TMS320F28027 DSP işlemcisi için gömülü kodlar elde edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Bandırma Onyedü Eylül Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklediği için koordinatörlüğe teşekkürlerimi sunarım. (Proje no: BAP-19-1003-004).

## KAYNAKLAR

- Baek, J B, Chae, S 2017. *Single-stage buck-derived LED driver with improved efficiency and power factor using current path control switches*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 64(10): 7852-7861.
- Egan, M G, O'Sullivan, D L, Hayes, J G, Willers, M J, Henze, C P 2007. *Power-factor-corrected single-stage inductive charger for electric vehicle batteries*. IEEE Transactions on Industrial Electronics, 54(2): 1217-1226.
- European Power Supply Manufacturers Association (EPSMA) 2010. *Harmonic Current Emissions Guidelines to the standard EN 61000-3-2*. Revision Date, 11-08.
- Huang, L, Chen, F, Yao, W, Lu, Z 2016. *Flexible mode bridgeless boost PFC rectifier with high efficiency over a wide range of input voltage*. IEEE Transactions on Power Electronics, 32(5): 3513-3524.
- Jang Y, Jovanović M M 2010. Bridgeless Buck PFC Rectifier. In: Twenty-Fifth Annual IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition. Palm Springs: pp. 23-29.
- Kouzou, A 2018. Power Factor Correction Circuits. In Power Electronics Handbook. Butterworth-Heinemann, 529-569 pp.
- Ma, H, Ji, Y, Xu, Y. 2009. *Design and analysis of single-stage power factor correction converter with a feedback winding*. IEEE Transactions on power electronics, 25(6): 1460-1470.
- Malekanehrad, M, Adib, E 2018. *Bridgeless buck PFC rectifier with improved power factor*. Journal of Power Electronics. 18(2): 323-331.
- Marei M I, El-Saadany E F, Salama M M A 2002. Flexible distributed generation: (FDG). In: Power Engineering Society Summer Meeting. Chicago: pp.49-53.
- Özbay, H, Közkurt, C, Dalcalı, A, Tektaş, M 2020. *Geleceğin ulaşım tercihi: Elektrikli araçlar*. Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi, 3(1): 34-50.
- Singh, B, Singh, S 2010. *Single-phase power factor controller topologies for permanent magnet brushless dc motor drives*. IET Power Electron.,3(2): 147-175.
- Siu, K K M, Ho, C N M 2019. *Manitoba Rectifier—Bridgeless Buck–Boost PFC*. IEEE Transactions on Power Electronics, 35(1): 403-414.

## Ceviz (*Juglans regia* L.) yapraklarının kloroform ekstresi ile fotokopi kağıdındaki gizli parmak izlerinin tespitine yönelik ilk sonuçlar

Kıymet Berkil Akar\*, Barış Uzuncan

\*<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Tokat, Türkiye.

\*Sorumlu yazar e-mail: kiymet.berkilakar@gop.edu.tr

### Özet

Ceviz (*Juglans regia* L.), başta juglon olmak üzere naftokinonların önemli bir kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Naftokinonların, fotoluminesan izlenimler vermek için kağıt yüzeylerindeki gizli parmak işaretlerindeki amino asitlerle reaksiyona girdiği bilinmektedir. Bu çalışmada, ceviz yapraklarının kloroform ekstresi ile fotokopi kağıdı üzerinde gizli parmak izleri geliştirmeye yönelik yapılan ön çalışmalarımızı sunuyoruz. Kopya kağıdındaki gizli parmak izleri, ceviz yapraklarının kloroform ekstresi çözeltisiyle muamele edildi. Sonuçlar, cevizin kloroform ekstresinin, gizli parmak izleriyle reaksiyona girerek floresans izlenimler oluşturduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Adli bilimler, gizli parmak izi, naftakinon, ceviz

### Initial results on detection of latent fingerprints on copy paper with chloroform extract of walnut (*Juglans regia* L.) leaves

#### Abstract

Walnut (*Juglans regia* L.) is described as a leading source of naphthoquinones, primarily juglone. Naphthoquinones are known to react with amino acids in latent fingerprints on paper surfaces to yield photoluminescent impressions. In this study we present our preliminary studies of developing latent fingerprints on copy paper with chloroform extract of walnut leaves. Latent fingerprints on copy paper were treated with solution of chloroform extract of the walnut leaves. The results show that the chloroform extract of walnut reacts with latent fingerprints to produce fluorescent impressions.

**Keywords:** Forensic sciences, latent fingerprint, naphthoquinone, walnut

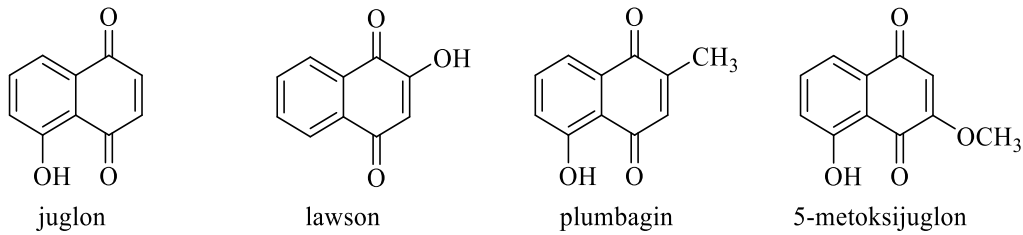
### GİRİŞ

Gizli parmak izleri suç mahallinde bulunan önemli deliller arasındadır (Rogathi ve ark., 2015). Gizli parmak izleri çıplak gözle görülmeyen parmak izlerini ifade eder. Bunlar genellikle bir suç sırasında sıkça kullanılan veya yanlışlıkla dokunulan nesnelere üzerinde bulunurlar (D'Elia ve ark., 2015). Adli incelemelerde gizli parmak izlerinin görünür hale getirilmesi için yaygın olarak kullanılan reaktifler ninhidrin, 1,2-indandion ve 1,8-diazafloren-9-on'dur. Bu bileşikler ellerin palmar yüzeylerinin üst kısımlarının sürtünmeden kaynaklı bıraktığı parmak izleri ile reaksiyona girerek gizli parmak izlerini geliştirmek için kullanılır (Jelly ve ark., 2010).

Lawson (2-hidroksi-1,4-naftokinon), *Lawsonia inermis* bitkisinin yapraklarından elde edilir ve kınaya rengini veren madde olarak bilinmektedir. Lawson, naftokinonlar olarak bilinen bir bileşik grubuna aittir ve son çalışmalar, lawsonun parmak izlerindeki amino asitlerle reaksiyona girerek mor-kahverengi renkte ürün oluşturduğunu ve gelişen bu izlerin 590-640 nm aralığında maksimum yoğunlukta floresans özellik sergilediğini göstermektedir (Thomas vd., 2013).

İdeal bir parmak izi geliştirme yönteminin parmak izini hızlı ve etkili bir şekilde görünür hale getirmesi ve toksik olmaması istenir. Doğal boyaların toksik olmayan, alerjik olmayan ve biyolojik olarak parçalanabilir yapıları nedeniyle güvenli olduğuna inanılmaktadır (Mirjalili ve Karimi, 2013; Uzkul ve Alkan, 2018; Beiki ve ark., 2017). Doğal boyalar ayrıca kirlilik ve atık su sorunlarına neden olmaz (Mirjalili ve Karimi, 2013).

Ceviz (*Juglans regia* L.), değerli kerestesi ve meyvesi için geleneksel olarak yetiştirilen, 25-35 m yüksekliğe ve çapı 2 m'ye kadar olan bir gövdeye ulaşan büyük bir ağaç türüdür. Cevizin, kabuk, çekirdek, ağaç kabuğu, kök ve yaprakları ilaç ve kozmetik endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Jahanban-Esfahlan ve ark., 2019). Ceviz (*Juglans regia* L.) fenolik asitleri, naftakinonları ve flavonoidleri içeren fenolik bileşikler bakımından çok zengindir (Cosmulescu ve ark., 2014). Ceviz yaprakları fenolik bileşikler bakımından ağacın diğer kısımlarına oranla daha zengindir (Jahanban-Esfahlan ve ark., 2019). Ceviz yaprağındaki polifenol içeriğinin Ağustos ayı başına kadar arttığı ve daha sonra azaldığı rapor edilmiştir. Bu nedenle, Ağustos ayı başlarına kadar yapraklardan numune alınması daha uygundur (Cosmulescu ve ark., 2014). Ceviz yaprakları, geleneksel tıpta hemoroidal semptomatoloji, venöz yetmezliği ve antihelmintikler, depüratif, anti-diyareik ve kanamayı durdurucu ilaç olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ceviz yapraklarından elde edilen ekstratlar için ayrıca anti-skroful, hipotansif, antifungal, keratolitik, hipoglisemik ve yatıştırıcı gibi pek çok biyolojik aktivite rapor edilmiştir (Jahanban-Esfahlan ve ark., 2019). Ceviz (*Juglans regia* L.), başta juglon olmak üzere naftokinonların önemli bir kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1). *Juglans regia*'nin taze yaprakları, önemli miktarlarda juglon (0,5 g/100 g kuru ağırlık) içerir. Juglon, yün ve saç boyama endüstrisinde doğal boya olarak kullanılmaktadır (Thakur, 2011).



Şekil 1. *Juglans regia* L'den izole edilen naftakinon bileşiklerden bazıları

Bu çalışmada önemli bir doğal boya kaynağı olan kurutulmuş ceviz yaprağından maserasyon yöntemiyle naftakinon türevlerini yoğun olarak içeren bir karışım ekstre edildi ve bu ekstre nin fotokopi kağıdı üzerindeki gizli parmak izlerinin geliştirilme özellikleri incelendi.

## MATERYAL VE METOD

### Bitkinin Temin Edilmesi ve Bitki Örneğinin Hazırlanması

Trabzon ilinden Ağustos ayında toplanan ceviz yaprakları 1 hafta süreyle 55°C'deki etüvde kurutuldu. Kurutulan yapraklar havanda dövülerek toz haline getirildikten sonra 4 °C'de saklanmıştır.

### Ekstraksiyon

Ekstre eldesinde maserasyon yöntemi kullanıldı. 80 g ceviz yaprağı üzerine 500 mL kloroform eklenerek oda sıcaklığında ara sıra karıştırarak 3 gün bekletildi. Bu sürenin sonunda karışım süzülde ve çözücü 40 °C'de vakumda uzaklaştırıldı.

### Parmak İzi Testleri

#### Parmak İzlerinin Toplanması

Gözenekli yüzey olarak fotokopi kağıdı kullanılmıştır. Parmak izi örnekleri 2 donörden doğal şartlar altında literatürde (Marriott ve ark., 2014) mevcut olan örnek setlerine benzer şekilde toplanmıştır.

#### Parmak İzi Çözeltisinin Hazırlanması ve Parmak İzi Testi

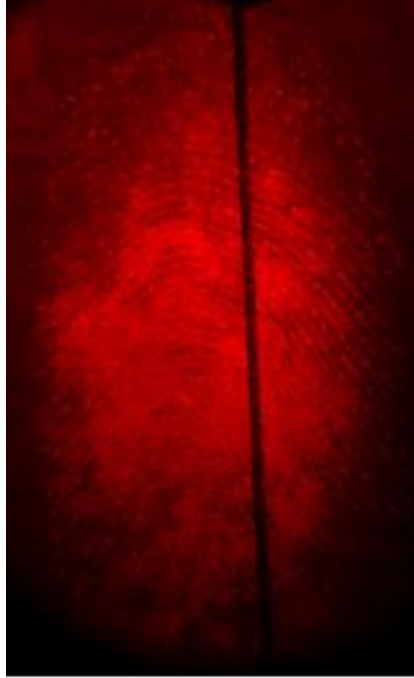
Ekstre çözeltisi seçilen gözenekli yüzey üzerindeki gizli parmak izleri ile daldırma yöntemi ile muamele edilmiştir. Parmak izi çözeltisi, elde edilen ekstre nin etil asetat içerisindeki çözeltisine belirlenen oranlarda HFE 7100 çözücüsü eklenerek hazırlanmıştır. Optimum şartların belirlenmesi amacıyla farklı konsantrasyonlardaki (12,5 mg/100 mL çözücü, 25 mg/100 mL çözücü, 50 mg/100 mL çözücü, 75 mg/100 mL çözücü ve 100 mg/100 mL çözücü) ekstre çözeltileri ile ve farklı sıcaklıklarda (80 °C, 100 °C, 120 °C, 140 °C, 160 °C ve 180 °C) parmak izi testleri gerçekleştirilmiştir.

## Gelişen Parmak İzlerinin Fotoğraflanması

Geliştirilen parmak izlerinin fotoğraf çekimleri çoklu dalga boyuna sahip adli ışık kaynağı ile ışınlanarak ve kırmızı filtre takılmış Nikon D3300 fotoğraf makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen parmak izleri bilgisayar ortamına aktarılmış ve Adobe Photoshop CS6 programı kullanılarak kontrast ve parlaklık ayarları yapılmıştır.

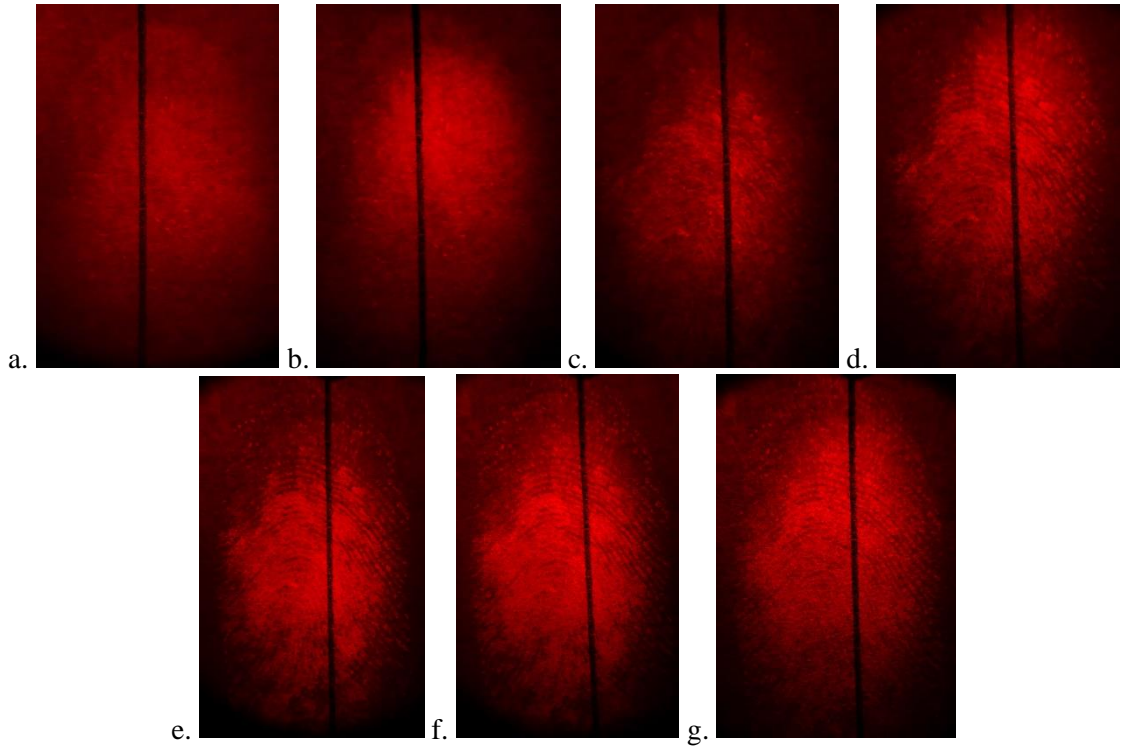
## BULGULAR ve TARTIŞMA

Elde edilen sonuçlar pek çok naftakinon türevini içeren ceviz ağacı yaprağının kloroform ekstresinin fotokopi kağıdı üzerindeki gizli parmak izleri ile reaksiyona girerek parmak izlerini görünür hale getirdiğini göstermiştir. Geliştirilen parmak izlerinin 440 nm dalga boyundaki ışık altında ve kırmızı filtre ile fotoğraflandığında oldukça kuvvetli fotoluminesans sergilediği belirlenmiştir (Şekil 2).

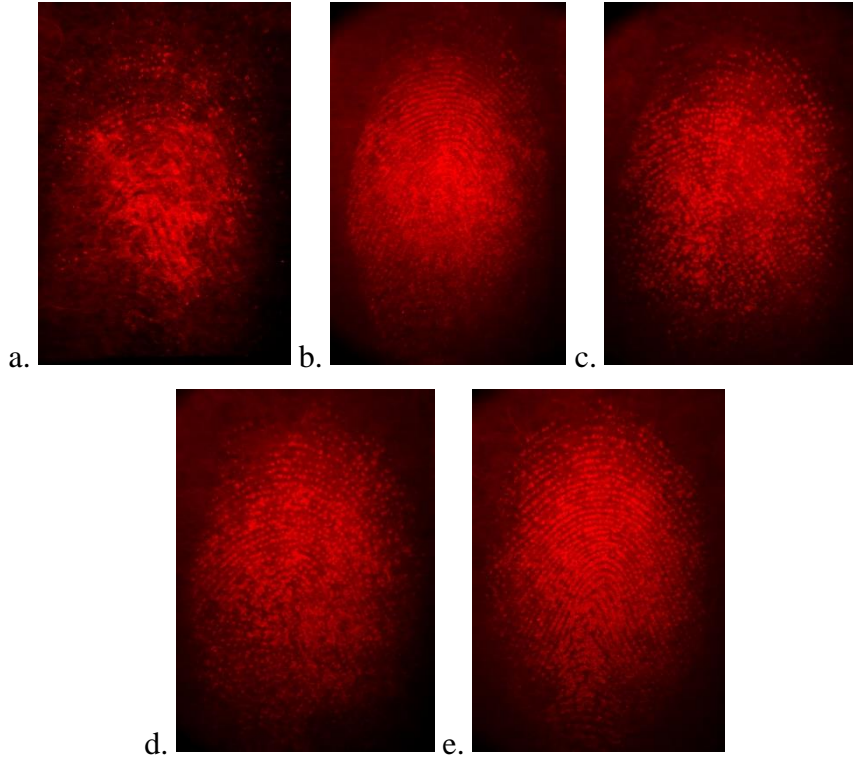


**Şekil 2.** *Juglans regia* L.'nin kloroform ekstresi ile muamele edilen fotokopi kağıdı üzerindeki parmak izinin 440 nm dalga boyundaki ışık altındaki görünümü

Yöntemin optimum koşullarının belirlenmesi amacıyla deneyler farklı sıcaklıklarda ve farklı ekstre konsantrasyonlarında gerçekleştirilmiştir. En uygun sıcaklık değerini belirleyebilmek için parmak izi örnekleri 7 farklı sıcaklık değerinde (80 °C, 100 °C, 120 °C, 140 °C, 160 °C ve 180 °C) geliştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar bu yöntem ile parmak izi tespitinde en uygun sıcaklık değerinin 170 °C olduğunu göstermiştir (Şekil 3). Buna ilave olarak parmak izinin tamamını geliştiren en düşük konsantrasyon değerinin belirlenmesi amacıyla parmak izi örnekleri 5 farklı konsantrasyondaki (12,5 mg/100 mL çözücü, 25 mg/100 mL çözücü, 50 mg/100 mL çözücü, 75 mg/100 mL çözücü ve 100 mg/100 mL çözücü) ekstre çözeltileri ile geliştirilmiş ve bu değer 25 mg/100 mL çözücü olarak belirlenmiştir (Şekil 4).



**Şekil 3.** *Juglans regia* L.'nin kloroform ekstresi ile muamele edilen fotokopi kağıdı üzerindeki farklı sıcaklıklarda: a. 80 °C, b. 100 °C, c. 140 °C, d. 150 °C, e. 160 °C, f. 170 °C, g. 180 °C geliştirilen parmak izlerinin görünümleri



**Şekil 4.** Farklı konsantrasyonlardaki (a. 12,5 mg, b. 25 mg, c. 50 mg, d. 75 mg, e. 100 mg) *Juglans regia* L.'nin kloroform ekstresi ile muamele edilen fotokopi kağıdı üzerindeki parmak izlerinin görünümleri

## SONUÇ

Bu çalışma ile ceviz (*Juglans regia* L) yaprağından elde edilen kloroform ekstresinin halihazırda kullanılan parmak izi reaktiflerine alternatif olabileceği görülmüştür. Bu çalışma ile literatüre etkili, ekonomik ve çevre dostu yeni bir parmak izi geliştirme yöntemi kazandırılmıştır. İleride yapılacak çalışmalarda önerilen yöntemin halihazırda kullanılan reaktiflerle karşılaştırılmalı olarak incelenmesi bu yönetime önemli katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Beiki T, Najafpour GD, Hısseşbş M 2017. Evaluation of antimicrobial and dyeing properties of walnut (*Juglans regia* L.) green husk extract for cosmetics, *Coloration Technology*, 134: 71–81.
- Cosmulescu S, Trandafir I, Nour V 2014. Seasonal variation of the main individual phenolics and juglone in walnut (*Juglans regia*) leaves. *Pharmaceutical Biology*, 52(5): 575-80.
- D'Elia, V., Materazzi, S., Luliona, G., Niola, L. 2015. Evaluation and comparison 1,2-indanedione and 1,8-diazofluoron-9-one solutions for the enhancement of latent fingerprints on porous surfaces. *Forensic science international*. 254: 205-214.
- Jahanban-Esfahlan A, Ostadrahimi A, Tabibiazar M, Amarowicz R 2019. A Comparative Review on the Extraction, Antioxidant Content and Antioxidant Potential of Different Parts of Walnut (*Juglans regia* L.) Fruit and Tree. *Molecules*, 24: 2133.
- Jelly, R., Lewis. S.W., Lemard, C., Lim, K.F., Almog, J. 2010. Substituted naphthoquinones as novel amimo acid sensitive reagents for the detection of latent fingermarks on paper surfaces. *Talanta*, 82: 1717-1724.
- Marriott C, Lee R, Wilkes Z, Comber B, Spindler X, Roux C, Lennard C. 2014. Evaluation of fingerprint detection sequences on paper substrates. *Forensic science international*, 236: 30-37.
- Mirjalili M, Karimi L 2013. Extraction and characterization of natural dye from green Walnut shells and its use in dyeing polyamide: Focus on antibacterial properties, *Journal of Chemistry*, 2013: 1-10.
- Rohatgi, R., Sodhi, G.S., Kapoor, A.K. 2015. Small particle reagent based on crystal violet dye for developing latent fingerprints on non-porous wet surface, *Egyptian Journal of Sciences*, 5: 162-165.
- Thakur A 2011. Juglone: A therapeutic phytochemical from *Juglans regia* L. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(22): 5324-5330.
- Thomas P, Famugia K 2013. An investigation into the enhancement of fingerprints in blood on paper with genipin and lawsone, *Science and Justice*, 53: 315-320.
- Uzkul H, Alkan R 2018. Antimicrobial Properties of Silk Fabrics Dyed with Green Walnut Shell (*Juglans regia* L.), *Kocaeli Journal of Science and Engineering*, 1(2): 28-32.



## Katalitik dönüştürücülerden PGM'lerin demir matı ile geri kazanımı sırasında oluşan cürufların tekrardan değerlendirilmesi

Mehmet Hakan Morcalı<sup>1,2\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-5021-4459>), Merve Aksu<sup>1\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-0655-1394>)

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye

<sup>2</sup>Gaziantep Üniversitesi, Naci Topçuoğlu Meslek Yüksek Okulu, Kimya Teknolojisi, Gaziantep, Türkiye.

\*Sorumlu yazarlar e-mail: morcali@gantep.edu.tr; merveaks1996@gmail.com

### Özet

Yüksek ısı işlemler sonucu atık olarak oluşan kristalin ve amorf malzeme karışımına cüruf adı verilmektedir. Isıl işlemlere başlamadan önce kullanılan kimyasallara ise cüruflaştırıcı adı verilmektedir. Katalitik dönüştürücülerden PGM'lerin katı-katı ekstraksiyon yoluyla ayrıştırılması sonucu arta kalan atık cürufların değerlendirilebilmesi amacıyla bir dizi deneyler gerçekleştirilmiştir. Tüm deney setlerinde cüruflaştırıcı olarak sodyum tetraborat (bor oksit kaynağı olarak) ve sodyum karbonat (sodyum oksit kaynağı) kullanılmıştır. Yaklaşık olarak 1000°C'de fırında ergitme işlemi sonrası açığa çıkan siyah renkli amorfıtan başlayarak camsı görünümlü bu atık malzemenin sulu ortama alınması ile ilgili deneyler yapılmıştır. Deneylerden sonra çözeltiye geçen bor ve sodyum iyonlarının konsantrasyonları takip edilmiştir. Sıcaklığın artışı ile çözünme miktarı düzenli olarak artış göstermekte fakat çözücünün sıcaklığının kaynama noktasına yaklaştıkça geri kazanım verimlerinde çok fazla değişim gözlenmemektedir. Daha sonra elde edilen çözeltiler klasik buharlaştırma yöntemi ile kristalize edilmiş ve X-ışınları kırınımı tekniği ile kristal morfolojileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar yüksek ısı işlemler sonucu açığa çıkan ürünlerin tekrardan kullanılabilirliği için önem arz etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Geri Kazanım; Cüruf; Çözündürme; Cüruflaştırıcı

### Re-evaluation of slags formed during the recovery of PGMs from catalytic converters with iron matte

#### Abstract

Slag is called as the mixture of crystalline and amorphous material which occurs as a result of high heating processes. Flux material defines as the used chemicals in heating process. Some experiments have been carried out in order to evaluate the residual waste slags resulting from the separation of PGMs from catalytic converters by solid-solid extraction. Sodium tetraborate (as boron oxide source) and sodium carbonate (sodium oxide source) were used as slag in all experimental setup. Experiments have been carried out on the absorption of this glassy-looking waste material into the aqueous environment, starting from the black amorphous that comes out after melting at approximately 1000°C in the furnace. After the experiments, the concentrations of boron and sodium ions that passed into the solution were followed. With the increase of temperature, the amount of dissolution increases regularly, but as the temperature of the solvent approaches the boiling point, there is not much change in the recovery efficiency. Then, the obtained solutions were crystallized by classical evaporation method and crystal morphologies were investigated by X-ray diffraction technique. The results obtained are important for the reusability of the products exposed as a result of high heat treatment.

**Keywords:** Recovery; Slag; Dissolution; Flux material

#### GİRİŞ

Yüksek ısı işlem gerektiren tüm kimyasal reaksiyonlarda sıcaklığı düşürmek için sürekli olarak ek kimyasallara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ek kimyasal maddeler genellikle reaksiyonun sıcaklığını düşürmekle birlikte reaksiyonun akışkanlık durumu içinde katkı sağlamaktadır. Isıl işlemlere de kullanılan bu kimyasallara cüruflaştırıcı adı verilmektedir (Turan, 2009; Morcalı 2014). Cüruflaştırıcılar, numunenin içerisindeki gang mineralleri (ekonomik değeri olmayan) ile bileşik yapacak ve düşük sıcaklıklarda ergiyip, akışkan olabilecek bir cüruf fazı elde edebilecek şekilde seçilmektedir. Örneğin gang asidik bir mineral olan silikadan (SiO<sub>2</sub>) oluşuyorsa, nötralleştirmek için Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, NaOH, CaO, MgO gibi bazik cüruflaştırıcılar seçilmektedir

(McIntosh, 2004). Eğer gang, bazikse; demir oksitler, mangan oksitler, sodyum veya potasyum içeriyorsa silika ve boraks gibi asidik cüruflaştırıcılar seçilerek cüruflaştırılmaktadır. Cüruflaştırıcı özelliklerini iyileştirici bazı bileşenler de cüruflaştırıcı bileşimine ilave edilmektedir. Örneğin, fluspatın ( $\text{CaF}_2$ ) cürufların çoğunda akışkanlığı iyileştirici etkisi vardır (Bugbee, 1922; Jones ve Geldenhuys, 2011). Bu malzemeler ergitmenin yapıldığı malzemenin kimyasal içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Aslında cüruflaştırıcının akışkanlığı ve/veya viskozitesi bu tanımlamaya birebir uymaktadır. Ergitme işleminin yapılacağı karışım içerisinde bulunan asidik ve bazik oksitlerin birbirleri ile vermiş oldukları reaksiyonlar sonucunda yapının fizikokimyasal özellikleri akışkanlık hakkında bilgi vermektedir. Cüruflaştırıcının amorf veya camsı olma özelliğini ise reaksiyonun sıcaklık değeri belirlemektedir. Genel olarak yüksek ısı işlem uygulanacak tüm proseslerde cüruflaştırıcı (fluks yapıcılar) malzemeler sürekli kullanılmaktadır. Fluks yapıcı malzemelerin sağladığı avantajlar genel olarak şu şekilde sıralanabilir (Bor, 1977; Bugbee, 1922):

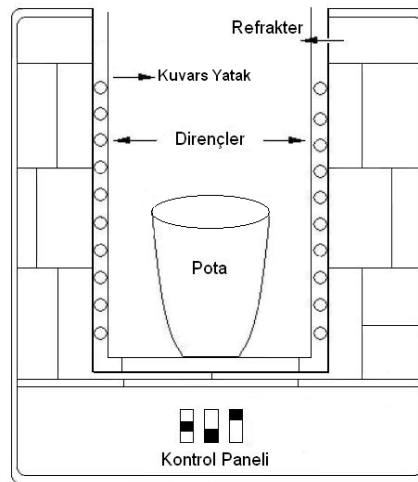
- Sıcaklık değerlerinde ciddi tasarruf sağlamaktadır.
- Ergitme işleminin homojenliğini artırmaktadır.
- Kullanılan ekipmanın ömrünü uzatmaktadır.
- Reaksiyonlarda yüksek verimlilik sağlamaktadır.
- Elde edilecek nihai ürünün saflık derecesini arttırmaktadır.
- Nihai ürün içerisinde istenmeyen safsızlıkların giderilmesinde/artırılmasında rol almaktadır.

Genel olarak fluks yapıcılar asidik ve bazik özellikli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Bu malzemelerin oksitli, karbonatlı, sülfatlı, klorürlü ve fosfatlı bileşikler kullanılarak yöntem ve tekniğe göre farklılık arz etmektedir. En çok kullanılan ve bir çok uygulamada vazgeçilmezler arasında olan cüruflaştırıcı; boroksit içerikli sodyum tetra borat (ticari adı: boraks) ve sodyum karbonat (ticari adı: soda) dır. Her flukslaştırıcının kendisine özel ergime sıcaklığı olmakla birlikte özel oranlardaki karışımları (sahip oldukları ötektik noktalardan dolayı) kendilerine ait sıcaklıklarının bile altındaki sıcaklıklarda ergitilebilmektedir (Morcalı, 2014; Bor, 1977).

Günümüzde artan çevre sorunları ve sürekli azalan yer altı kaynaklarından dolayı geri kazanım teknolojileri sürekli olarak gelişmektedir. Bu gelişimin en önemli çıktıları ise atıkların değerlendirilmesi, atıklardan tekrardan kullanılabilir malzemelerin üretimi gibi önemli sonuçlardır. Bu çalışmada katalitik dönüştürücülerden PGM'lerin katı-katı ekstraksiyon yoluyla ayrıştırılması sonucu arta kalan atık cürufların çözültüye alınması ve cürufların tekrardan değerlendirilmesi için sentetik cüruflaştırıcı üretimi amacıyla bir takım deneyler yürütülmüştür. Deneylerden elde edilen verilerden geri kazanım yüzdeleri hesaplanmış ve sentetik cüruflaştırıcılar üretilerek XRD tekniği ile karakterize edilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

Yüksek ısı (pirometalurjik) deneyleri sırasında açığa çıkan cürufların değerlendirilmesi ve sentetik cüruflaştırıcı üretimi amacıyla bir takım deneyler yürütülmüştür. Deneysel çalışmalar Şekil 1'de teknik çizimi bulunan fırın içerisinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Kuvars yataklı düşey tüp fırının görüntüsü.

Deneylerde cüruflaştırıcı (flukslaştırıcı) malzeme olarak sodyum tetraborat (bor ve sodyum oksit kaynağı) ve sodyum karbonat (sadece sodyum oksit kaynağı) kullanılmıştır. Deneylerden sonra elde edilen cüruflara ait görseller Şekil 2'de verilmektedir.



875°C



975°C

**Şekil 2.** Farklı sıcaklıklarda gerçekleştirilen deneylere ait görseller

Fotoğraflardan görüldüğü üzere reaksiyon sıcaklığının artışı ile oluşan cüruf yapısının camsılaşma oranı daha yüksektir. Bunun sebebi örnek içerisinde bulunan refrakter bileşiğin ( $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $SiC$  gibi) yüksek sıcaklıklarda çözünerek camsı bir yapı oluşturmasından kaynaklanmaktadır. Kullanılan bu malzemelerin tekrardan kullanılabilirliğinin araştırılması için bir takım deneyler gerçekleştirilmiştir. İlk olarak fırında ergitme işlemi sonrası açığa çıkan siyah renkli amorf ve camsı görünümlü cüruflar öğütülerek (bkz. Şekil 2) toz haline getirilmiş ve kimyasal içeriği Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Toz haline getirilmiş cürufların kimyasal içeriği.

%Ağırlıkça	B	Na	Al	Si	O
	11,13	14,89	2,88	3,21	54,78

Elde edilen toz cüruf karışımı sıcak su ile liç edilmiştir. Liç işlemleri sonrası çözeltide bulunan olası bor ve sodyum iyonlarının konsantrasyonları tayin edilmiştir. Cürufun başlangıçtaki kimyasal içeriği ile karşılaştırılmalı verimleri aşağıda verilmektedir.

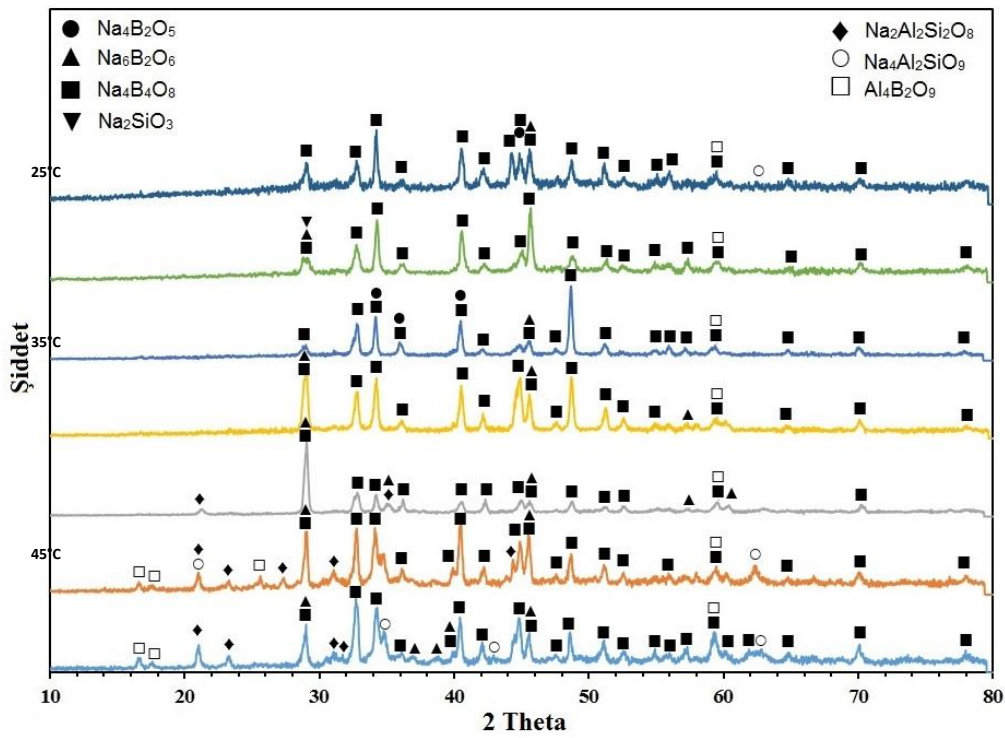
## **BULGULAR ve TARTIŞMA**

Ergitme işlemi sonrası açığa çıkan siyah renkli cüruf karışımının sıcak su ile liç işlemleri sonrası çözeltide bulunan olası bor ve sodyum iyonlarının konsantrasyonları tayin edilmiş ve geri kazanım verimleri içeren Tablo 2’de verilmektedir.

Sıcaklığın artışı ile çözünme miktarı düzenli olarak artış göstermekte fakat suyun kaynama noktasına yaklaştıkça geri kazanım verimlerinde çok fazla değişim gözlenmemektedir. Daha fazla verimi elde edilememesinin sebebi cüruf içerisinde bulunan silisyum oksit ve alüminyum oksit bileşikleriyle camsı kristalin yapıların oluşması suda çözünme verimlerini düşürmektedir. Burada çözüm olarak seyreltik asit kullanılarak bu yapıların parçalanması düşünülebilir fakat çevreci bir yöntem olmayışı ve/veya olası korozif etkilerden ötürü asit kullanılmamıştır. Cürufun liç edilmesi sonucu elde edilen çözeltiden buharlaştırma yöntemi ile (kristalleştirme/kristalizasyon) sentetik cüruflaştırıcı üretilmiş ve yapı analizi için X-ışınları kırımı analizleri gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** Cürufun liç edilmesi ve geri kazanım verimleri.

Sıcaklık (°C)	Reaksiyon süresi (dak.)	Sıvı/Katı oranı	%B Geri kazanımı	%Na Geri kazanımı
25	60	10	8,7	18,1
35	60	10	9,2	25,3
45	60	10	10,5	27,8
55	60	10	16,3	29,6
65	60	10	23,9	32,9
75	60	10	30,7	34,3
85	60	10	31,4	37,4
95	60	10	33,3	39,5
100	60	10	35,1	44,9



**Şekil 3.** Farklı liç sıcaklıklarında elde edilen cüruflaştırıcıya ait X-ışınımı kırınimleri (50 gr cüruf, 50 gr su, 1 saat, farklı sıcaklıklarda).

Şekil 3'den görüldüğü üzere sıcaklık artışı ile birlikte sentetik cüruf içerisinde çok azda olsa alüminyum ve silis'in çözündüğü gözlemlenmektedir. Bu çözünme işlemi sodyum alümina silikatın ( $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ ) sıcaklık artışı ile çözünürlüğünün arttığını doğrulamaktadır. Ayrıca, bu çözünme işlemi sırasında açığa çıkan sodyum iyonları kristalizasyon işlemi sırasında sodyum/bor oranının büyümesine sebep olmaktadır. Düşük sıcaklıklarda görülen  $\text{Na}_4\text{B}_4\text{O}_8$  yapısı kısmen  $\text{Na}_6\text{B}_2\text{O}_6$  yapısı ile yer değiştirmektedir. Bu bulgu  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$  yapısının kısmen bozunarak sentetik cüruflaştırıcı içerisinde bulunduğunu göstermektedir.

## SONUÇ

Katalitik dönüştürücülerden PGM'lerin katı-katı ekstraksiyon yoluyla ayrıştırılması sonucu arta kalan atık cürufların değerlendirilebilmesi amacıyla bir dizi deneyler gerçekleştirilmiştir. Tüm deney setlerinde cüruflaştırıcı olarak sodyum tetraborat (bor oksit kaynağı olarak) ve sodyum karbonat (sodyum oksit kaynağı) kullanılmıştır. Deneylerden sonra çözeltiliye geçen bor ve sodyum iyonlarının konsantrasyonları takip edilmiştir. Sıcaklığın artışı ile çözünme miktarı düzenli olarak artış göstermekte fakat çözücünün sıcaklığının kaynama noktasına yaklaştıkça geri kazanım verimlerinde çok fazla değişim gözlenmemektedir. Klasik

buharlaştırma yöntemi ile kristalize edilmiş ve X-ışınları kırınımı tekniği ile kristal morfoloji incelenmiştir. Asıl yapının  $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$  yapısı olduğu bu yapının düşük sıcaklıklarda  $\text{Na}_4\text{B}_4\text{O}_8$  ve  $\text{Na}_6\text{B}_2\text{O}_6$  yapısı örtüştüğü görülmektedir. Elde edilen sonuçlar yüksek ısı işlemi sonucu açığa çıkan ürünlerin tekrardan kullanılabilirliği için önem arz etmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma 217M284 nolu TÜBİTAK projesinin bir kısmına ait olup, katkılarından dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Bor FY 1977. Ekstraktif metalurji prensipleri. İTÜ Yayın Evi, İTÜ, İstanbul.
- Bugbee EE 1922. A textbook of fire assaying. John Wiley & Sons, Incorporated, USA.
- Jones R, Geldenhuys I 2011. The pros and cons of reductive matte smelting for PGMs. Minerals Engineering, 24: 495-498.
- McIntosh KS 2004. The systems engineering of automated fire assay laboratories for the analysis of the precious metals. Doktora Tezi, University of Stellenbosch.
- Morcalı MH 2014. Nikel sülfür ateş analizi metodu ile katalitik konvertörlerdeki platin, paladyum ve rodyum metallerinin tayini ve metodun optimizasyonu. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Shubert RH 1993. Method for the assay and recovery of precious metals. USA Patent, No. US5238485.
- Turan A 2009. Keban yöresi piritik refrakter altın cevherlerinin ateş analizi optimizasyonu. Yüksek lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

## Blotch detection in archive films with rank ordered differences method based on visual saliency map

Yıldız Aydın<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3877-6782>), Bekir Dizdaroğlu<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2955-1776>)

<sup>1</sup> Erzincan Binali Yildirim University, Department of Computer Engineering, Erzincan, Turkey.

<sup>2</sup> Karadeniz Technical University, Department of Computer Engineering, Trabzon, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [yciltas@erzincan.edu.tr](mailto:yciltas@erzincan.edu.tr)

### Abstract

Analog films, which were used before the invention of digital films, have been converted into digitalization and stored nowadays. However, in these heritage analog films, various degradations may occur due to improper storage conditions. For this reason, such archive films need to be repaired before they can be converted into digitalization. In this study, detection of blotches, which occur frequently in the archive films, are handled. In the first step of the proposed method, a visual saliency map (Montabone and Soto, 2010) is taken into consideration in order to reduce the amount of data that should be processed in during the digitalization of archive films. Since the visual saliency map emphasizes the distinctive regions in the image sequence, it facilitates the detection of blotches with opposite contrasts against the background. In the second step, the rank ordered differences (ROD) detector (Nadenau and Mitra, 1997), which is frequently used in the literature, is taken into consideration based on the visual saliency map. The proposed method has been compared with the HOG feature (Yous and Serir, 2017), the LBP feature (Yous and Serir, 2017), which both have been carried out in recent years, and the simplified ROD (SROD) (Roosmalen, 1999), which is a simple blotch detector, on 3 data sets. It is observed that the proposed method reduces the rate of false blotch detection.

**Keywords:** Saliency map, ROD, Blotch detection.

### INTRODUCTION

Videos that are historical documents have been used for more than a century. Videos are used in many areas such as recording events in the community, explaining the business and government studies, and showing current events. For this reason, the preservation of videos considered as historical and cultural heritage is very important. However, archive videos were taken using photographic film containing some photosensitive materials before the discovery of digital photography. These films were subject to various physical and chemical deteriorations, such as bad storage conditions, because they were made of perishable plastics.

Nowadays, storing these movies as analog is not a storage method used. Films stored in analog format must be repaired before transferring to digital media. Some of the main distortions that occur in the video are blotches, scratches, image flickering, fading, discoloration, etc. In this study, the problem of detection of blotches, which are the frequent deteriorations, is addressed. Blotches may occur in different positions and intensities in successive frames. Therefore, it requires high calculation cost and more manual work than correction of these artifacts (Licsar et al., 2010).

Since the blotches are unlikely to be in the same position in two consecutive frames, they have low correlation in successive frames (Xu et al., 2015). For this reason, classical blotch detection methods in the literature have been carried out using this feature of the blotches. Such methods are SDI (Kokaram, 1998), ROD (Nadenau and Metra, 1997), SROD (Roosmalen, 1999) detectors. SDI detects the blotched regions by comparing intensity differences of pixels in successive frames with a defined threshold value. ROD detector is a method based on rank ordered differences. The most important limitation of this method is that it uses three threshold values. To overcome this limitation, Van Roselman proposed the SROD method using a single threshold value.

In blotch detection problems, it is desired to provide a minimum false blotch detection rate as well as the correct detection rate. High false blotch detection rate is an undesirable situation, which will ruin the originality of the films. In this study, the visual saliency map is used in the first step to reduce the false alarm rate and the amount of data to be processed. In the second step, the ROD detector, one of the basic blotch detectors, is used for the detection of blotched areas. The proposed method in the second part of this paper is explained. In section 3, the results of the implementation and discussion are presented. Finally, in section 4, the results are given.

## MATERIALS AND METHODS

It has been suggested to use the visual attention mechanism, one of the important features of the human visual system, in computer vision applications. This mechanism allows us to detect faster by prioritizing the prominent areas in the scene (Özyer and Vural, 2010). In this study, the saliency map extracted with the visual saliency features (VSF) is used in the first step of the blotch detection problem in order to reduce the rate of false alarm. In the second step, blotched areas are detected with the ROD detector on the saliency map images. The visual attention mechanism and ROD detector used are explained in detail below.

### Visual Saliency Feature Extraction (VSF)

The retina of the human eye has two types of ganglion cells, on-center and off-center. The on-center responds to bright areas surrounded by a dark background. Off-center responds to bright areas surrounded by a bright background. The specificity of this algorithm is calculated based on on-center and off-center differences.

If the coordinate of a pixel in a grayscale image is defined as  $\mathbf{p} = (x, y)$  and the pixel value in this coordinate as  $G(\mathbf{p})$ , the integral image from the grayscale image is obtained as shown in Equation 1.

$$I(\mathbf{p}) = \sum_{i \leq x, j \leq y} G(i, j). \quad (1)$$

The image is scanned top to bottom, left to right. The rectangular regions with upper left corner coordinates  $\mathbf{p}_1 = (x_1, y_1)$  and lower right corner coordinates  $\mathbf{p}_2 = (x_2, y_2)$  are given below [15]:

$$R(\mathbf{p}_1, \mathbf{p}_2) = I(x_2, y_2) - I(x_1, y_2) - I(x_2, y_1) + I(x_1, y_1). \quad (2)$$

Center and surround calculations are given in Equation 3 and 4.

$$C(\mathbf{p}) = G(\mathbf{p}), \quad (3)$$

$$S(\mathbf{p}, l) = \frac{R(x-l, y-l, x+l, y+l) - G(\mathbf{p})}{(2l+1)^2 - 1}, \quad (4)$$

where  $l \in \{12, 24, 28, 48, 56, 112\}$  depicts the scale for which it is located. Calculation of the saliency value of each point in each scale is given in Equations 5 and 6.

$$VSF_{on,l} = \max \{C(\mathbf{p}) - S(\mathbf{p}, l), 0\} \quad (5)$$

$$VSF_{off,l} = \max \{S(\mathbf{p}, l) - C(\mathbf{p}), 0\} \quad (6)$$

In order to obtain the saliency map,  $VSF_l$  sum is applied to the saliency values on all scales.

$$VSF_{on} = \sum VSF_{on,l} \quad (7)$$

$$VSF_{off} = \sum VSF_{off,l} \quad (8)$$

In the proposed method, the  $VSF_{on}$  approach is used to obtain the saliency map.

### Rank Ordered Differences (ROD) Detector

The ROD (The rank-ordered differences) detector is based on order statistics (OS). Motion estimation (ME) is applied first in the ROD detector. Let  $\mathbf{p}_k$  be a reference pixel set from  $z(i)$ . Other pixels are taken into account from the two closest horizontal neighbors to  $\mathbf{p}_k$  in successive frames.  $r_1 \leq r_2 \leq r_3 \leq r_4 \leq r_5 \leq r_6$  are sorted in order of rank. Rank average  $r_{mean}$  and rank ranking differences  $ROD(i, l)$  are defined below:

$$r_{mean} = \frac{r_3 + r_4}{2} \quad (9)$$

$$ROD(i, l) = \begin{cases} r_l - z(i) & \text{if } z(i) \leq r_{mean} \\ z(i) - r_{7-l} & \text{if } z(i) > r_{mean} \end{cases} \quad \text{with } l = 1, 2, 3. \quad (10)$$

The  $l$  in the rank order differences ( $ROD(i, l)$ ) shows the obtained 3 values. A blotch is detected if at least one of these values exceeds a certain threshold  $T_1$ .

$$d_{ROD}(i) = \begin{cases} 1 & ROD(i) > T_1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad \text{with } 0 \leq T_1 \leq T_2 \leq T_3 \text{ and } l = 1, 2, 3. \quad (5)$$

## RESULTS

In this section, the proposed method is compared with the SROD and the block-based method (Yous and Serir, 2017) on 3 datasets. The studies are carried out using Matlab scripting language on a computer with i7 operating system and 8 GB RAM. Among the used datasets, black artificial blotches are added to the "calendar" dataset, and artificial blotches consisting of black and white and gray tones are added to the "hababam" dataset. Artificially added blotches have different position, shape and density. In addition, the performance of the application is evaluated on the "yeşilçam\_1" dataset with real blotches.

Images in Figure 1.a-c show "hababam", "calendar" and "yeşilçam\_1" motion picture sequences, respectively.

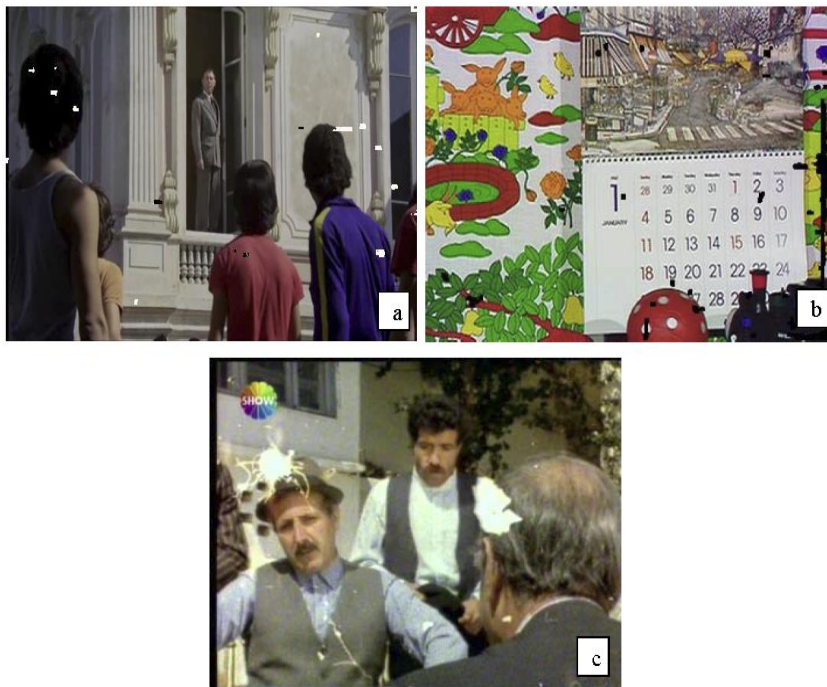


Figure 1. The image sequences: a) "hababam", b) "calendar", and c) "Yeşilçam\_1" motion picture sequences.

The saliency maps of the images in the Figure 1a-c obtained in the first step of our study are shown in Figure 2a-c, respectively.

As seen in Figure 2, the locations of the candidate blotched regions are determined based on the saliency map images. In the second step, ROD detector are used to detect the blotched areas. ROC curve is considered for performance criteria.

In Figure 3.a, Figure 4.a and Figure 5.a, the results of the HOG feature are shown based on the blotch detection method in [18]. In Figure 3.b, Figure 4.b and Figure 5.b, the results of the LBP feature are depicted based on blotch detection method in [18]. In Figure 3.c, Figure 4.c and Figure 5.c, the results of the blotch detection are seen based on the SROD detector [10]. On the other hand, Figure 3.d, Figure 4.d and Figure 5.d show the results of the blotch detection with the proposed method. The red areas indicate the blotched detected. In Figure 3.e and Figure 4.e, the mask images are given showing the blotched areas. In Figure 5.e, the original degraded image with a blotch is given.





Figure 2. The saliency map images: a) "hababam", b) "calendar", and c) "yeşilçam\_1" moving image sequences.



Figure 3. Results of different colored artificial blotch detection studies for "hababam" moving image sequence: a) HOG feature, b) LBP feature, c) SROD, d) Proposed method and e) Mask image showing blotched areas.

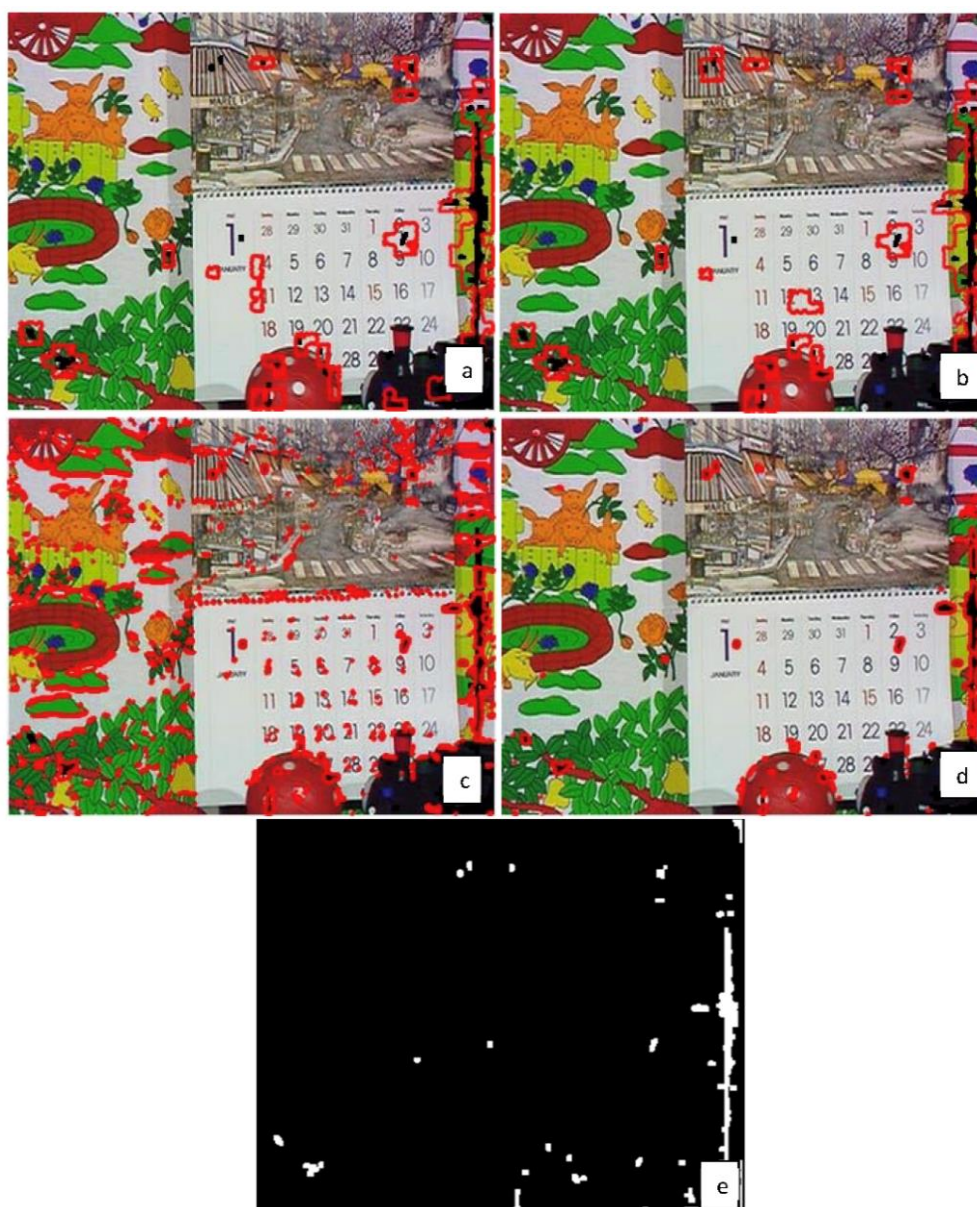


Figure 4. Results of different colored artificial blotch detection studies for "calendar" moving image sequence: a) HOG feature, b) LBP feature, c) SROD, d) Proposed method and e) Mask image showing blotched areas.



Figure 5. Results of different colored artificial blotch detection studies for "yeşilçam\_1" moving image sequence: a) HOG feature, b) LBP feature, c) SROD, d) Proposed method and e) Original image that is actually blotched.

Since there are mask images belonging to "hababam" and "calendar" datasets consisting of artificial blotches, ROC curves of these datasets are given in Figure 6, respectively. ROC curve could not be given since there are no mask images belonging to the dataset "yeşilçam\_1".

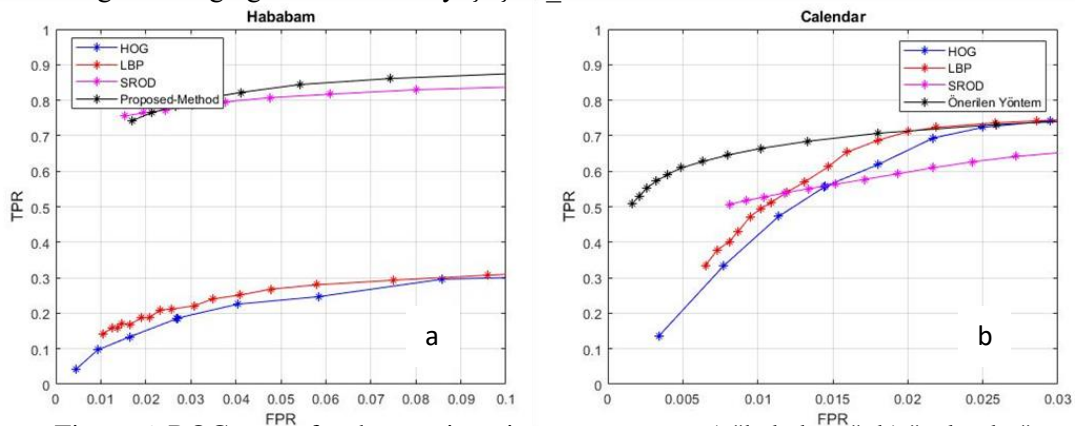


Figure 6. ROC curve for the motion picture sequence: a) "hababam", b) "calendar",

## **DISCUSSION**

The HOG and LBP [18] features is successful only in studies consisting of black blotches, it is not equally successful in detecting blotches which are different colors. Although the blotch detection results performed with SROD do not change depending on the color, it has been observed that the proposed method is more advantageous as it reduces the rate of false blotch detection.

## **CONCLUSION**

The quantitative results of the proposed method are compared with the blotch detection methods presented in recent years and the classic blotch detection detector. It is observed that the proposed method improves the correct detection rate while reducing the false alarm rate. In future studies, it will be tried to increase the performance of the proposed method by experimenting on more data sets.

## **REFERENCES**

- Kokaram A C. Motion picture restoration: digital algorithms for artefact suppression in degraded motion picture film and video, Springer, Heidelberg, 1998.
- Licsar, A., Sziranyi, Tamas. ve Czuni, L 2010. Trainable blotch detection on high resolution archive film minimizing the human interaction, *Machine Vision and Applications*, 21(5): 767-777.
- Montabone S, Soto A 2010. Human detection using a mobile platform and novel features derived from a visual saliency mechanism. *Image and Vision Computing*, 28(3): 391-402.
- Nadenau MJ, Mitra SK 1997. Blotch and scratch detection in image sequences based on rank ordered differences, In *Time-Varying Image Processing and Moving Object Recognition*, 4:27-35.
- Özyer GT, Vural FY 2010. A content-based image retrieval system using visual attention,” In *2010 IEEE 18th Signal Processing and Communications Applications Conference*, pp. 399-402, IEEE.
- Roosmalen V 1999. Restoration of archived film and video. Ph. D. Thesis, Delft University of Technology.
- Xu Z, Wu HR, Yu X, Qiu B 2015 Features based spatial and temporal blotch detection for archive video restoration. *Journal of Signal Processing Systems*, 81(2): 213-226.
- Yous H, Serir A 2017. Efficient region-based approach for blotch detection in archived video using texture information. *Journal of Electronic Imaging*, 26(2): 023019.
- Van Roosmalen PMB 1999. Restoration of Archived Film and Video, PhD Thesis, Delft University of Technology, Paris.

## Nitrik oksit ve silisyum uygulamalarının meyvecilikte kuraklık üzerine etkileri

İbrahim Bolat<sup>1\*</sup>(<https://orcid.org/0000-0002-2817-3240>) , Asuman Gündoğdu Bakır<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-0870-3045>) , Kübra Korkmaz<sup>3</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-8114-8140>)

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

<sup>2</sup> Kayısı Araştırma Enstitüsü, Malatya, Türkiye

<sup>3</sup> Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: profibolat@gmail.com

### Özet

Meyvecilik, tarımın bahçe bitkileri alanındaki önemli bir kolunu oluşturmaktadır. Meyve bahçelerinde çoğunlukla çok yıllık ve odunsu yapıdaki türler kullanılmaktadır. Bu türlerin yetiştiricilik istekleri morfolojik ve fizyolojik özellikleri nedeniyle tek yıllık bitkilerden farklılık göstermektedirler. Bu nedenle, gerek vegetatif gerekse generatif dönemdeki abiyotik faktörlerden (kuraklık, sıcaklık, tuzluluk ve aşırı yağış vb.) yüksek oranda etkilenmektedir. Bitkilerin büyüme ve gelişmelerini etkileyen çevre faktöründen biri olan kuraklık stresi; fizyolojik (stomaların açılıp-kapanması, klorofil miktarı, membran geçirgenliği, oransal su kapsamı vb.), morfolojik (yaş ve kuru ağırlık, bitki boyu, bitki çapı vb.), biyokimyasal (prolin, MDA, enzim vb.) ve moleküler (gen ekspresyonu vb.) gibi bir takım olaylara etki etmektedir. Kuraklık stresi bitki bünyesinde birden fazla olayda (bitkilerde gelişme ve kuru madde miktarı azalma, hastalık ve zararlılara karşı duyarlılıkta artışa, verim ve kalitede ise kayıplar) rol oynamaktadır. Kuraklık stresine karşı bitkinin direncini arttırmak ve yetiştiricilikte sürdürülebilirliği sağlayabilmek için bahçecilik tekniğinde bazı iyileştirici uygulamalar yapılmaktadır. Bunlar arasında ekim dikim zamanlarının ayarlanması, malç uygulaması, bazı mikroorganizma uygulamaları, yetiştirme ortamındaki ve bitkideki nem kayıplarının azaltılmasına yönelik gübre uygulamaları sayılabilir. Silisyum (silikon) ve nitrik oksit bitkilerde beslenme yoluyla kuraklık stresinin olumsuz etkisini azaltmada başvurulan kimyasal uygulamalar arasında yer almaktadır. Silikonun zararlı çevre faktörlerine karşı bitki direncini arttırdığını, nitrik oksit (NO)'in ise bitkilerde tohumdan çiçeklenme evresine kadar büyüme ve gelişmesinde, meyvelerin olgunlaşmasında önemli bir rol oynadığı bildirilmektedir. Bu çalışmada Si ve NO'in kullanımının meyvecilikte önemli verim ve kalite kayıplarına yol açan kuraklığın olumsuz etkisini azaltılmasına yönelik değerlendirmeler yapılacaktır.

**Anahtar kelimeler:** Meyve yetiştiriciliği, kuraklık stresi, silikon, nitrik oksit

### Effects of nitric oxide and silicium applications on drought in fruit growing

#### Abstract

Fruit growing is an important branch of horticulture. In orchards, mostly perennial and woody species are used. The growing requirements of these species differ from the annual plants due to their morphological and physiological characteristics. Therefore, it is highly affected by abiotic factors (drought, temperature, salinity and excessive precipitation, etc.) in both vegetative and generative periods. Drought stress, which is one of the environmental factors affecting the growth and development of plants; physiological (opening and closing of stomata, chlorophyll amount, membrane permeability, proportional water coverage, etc.), morphological (wet and dry weight, plant height, plant diameter, etc.), biochemical (proline, MDA, enzyme, etc.) and molecular (gene expression, etc.). Drought stress plays a role in more than one event within the plant (development in plants and decrease in dry matter amount, increase in susceptibility to diseases and pests, loss in yield and quality). In order to increase the resistance of the plant against drought stress and provide sustainability in cultivation, some mandatory practices are applied in gardening technique. These include adjusting planting times, mulch application, some microorganism applications, fertilizer applications to reduce moisture losses in the growing environment and plants. Silicium (silicon) and nitric oxide are among the chemical applications that are used to reduce the negative impact of drought stress through nutrition in plants. It is reported that silicium increases plant resistance against harmful environmental factors, and nitric oxide (NO) plays an important role in the growth and development of plants from seed to flowering stage, and ripening of fruits. In this study, evaluations will be made to reduce the negative impact of drought, which leads to significant yield and quality losses in fruit growing in the use of Si and NO.

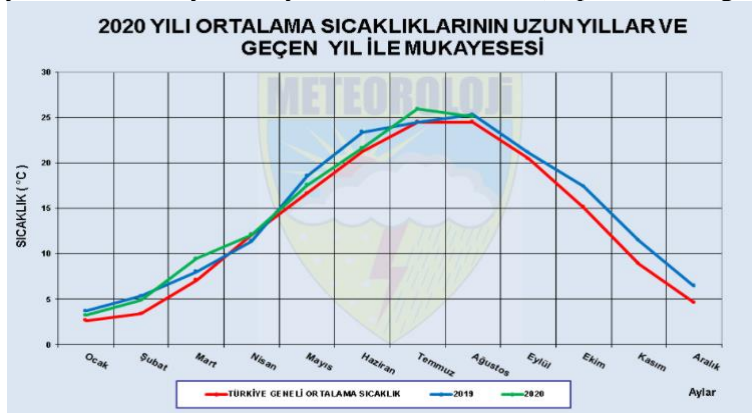
**Key words:** Fruit growing, drought stress, silicium, nitric oxide

## GİRİŞ

İklim, dinamik bir sistem olup yıllara göre farklılık göstermektedir. Günümüzde gerçekleşen iklim değişikliği, doğal nedenler ile değil de fosil yakıtlar, yanlış arazi kullanımı, ormansızlaştırma ve sanayi gelişimi gibi atmosfere salınan gazların oluşturduğu sera etkisine bağlı olmaktadır. Doğrudan insan faktörünün rol oynadığı bu değişimde ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artış küresel ısınmada temel etkiyi oluşturmaktadır (Anonymous, 2005). Küresel iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalar sonucunda dünya genelinde ortalama yerküre sıcaklığının artması ve buna bağlı olarak bölgesel aşırı yüksek sıcaklıklar şiddetli kuraklığa neden olacağı ön görülmüştür (Kocaman, 2009).

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu 2019-2020 yılı İklim Değerlendirme Raporu verilerine göre, Türkiye geneli 2019-2020 yıllarının sıcaklığı Türkiye'nin ortalama sıcaklığının üstüne çıkmış durumdadır (Anonim,2020). En yüksek sıcaklığın Haziran-Temmuz ayları arasında görüldüğü kaydedilmiştir.

**Çizelge 1.** 2019-2020 yıllarında Türkiye'nin aylık sıcaklık durumu (<https://www.mgm.gov.tr>)



Küresel ısınmanın yanı sıra, dünya nüfusundaki artış kişi başına tüketilen su miktarı da artmıştır. Buna rağmen mevcut su kaynaklarının değişmemiş olması ve tarımsal ürünlerin yetiştiriciliğinde kısıtlı koşullarda sulamanın yapılmasını zorunlu kılmıştır (Anonymous, 2005). Dünyada kullanılabilen alanların farklı stres faktörlerinden etkilenme oranları dikkate alındığında; kuraklık % 26 oranla en yüksek paya sahip olup, bunu % 20 oranla mineral madde stresi, % 15 oranla soğuk ve don stresi izlemektedir. Bunların haricinde kalan %29'luk alanın diğer stres faktörlerinden etkilendiği, toplam kullanılabilen alanların sadece % 10'luk kısmının herhangi bir stres etkisi altında olmadığı belirtilmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Tarımsal gelirin milli gelir içinde önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu nedenle Türkiye' de elverişli olan her yerde meyve yetiştiriciliği uygulanmaya başlanılmıştır. Kurak yerler başta sulama olmak üzere meyve yetiştiriciliği kültürel ve ekonomik açıdan iyi bir gelir kaynağı sağlayarak üreticilerin vazgeçilmez ürünü haline gelmiştir.



**Şekil 1.** Türkiye'de bölgesel olarak meyve yetiştiriciliği haritası

Meyve ağaçlarının kısıtlı su koşullarında ve sulama yapılamayan alanlarda yetiştirilmesi birtakım sorunlar teşkil etmektedir. Sürekli artan nüfusa karşılık gıda güvenliğinin sağlanması adına yapılacak olan tarımsal faaliyetlerde ihtiyaç duyulan sulama suyunun, bitkinin ihtiyaç duyduğu gelişme dönemlerinde karşılama ihtimali ise her geçen gün giderek azaltılmaktadır (Caruso ve ark., 2008).

Bazı meyve türleri kurak koşullara toleranslı olmasına rağmen, bazı gelişme dönemlerinde bitkide morfolojik, fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler açıdan birtakım zararlanmalara yol açmaktadır (Klamkowski ve Treder, 2006). Bunun sonucunda ise verim ve kalite açısından önemli kayıplar neden olmaktadır. Bu nedenle suyun sınırlı olduğu yarı kurak bölgelerde farklı bitki gelişim dönemlerindeki su stresini daha iyi tolere edebilen ya da su stresine dayanabilen bitki türlerini geliştirmek bitki ıslahçılarının en önemli hedeflerinden birisidir (Caruso ve ark., 2008). Kuraklık mekanizmasının kompleks yapısı kuraklığa yönelik ıslah çalışmalarının yavaş ilerlemesinin en önemli nedenlerinden birisidir (Klamkowski ve Treder, 2006). Çok yıllık meyve ağaçları, ömürleri boyunca mahsul verimini sınırlayan kuraklık stresi durumunda, mevcut yer altı veya yer üstü su kaynakları kullanarak stresin etkisini azaltmaya çalışmaktadır (Özcan ve ark., 2004). Ancak mevcut su kaynaklarının kısıtlı olması ve küresel ısınmaya bağlı oluşan yağmur ve özellikle de yeraltı su kaynaklarını besleyen kar yağışı miktarlarındaki azalmaya bağlı olarak, bu rezervlerin doluluk oranının hızla düşeceği öngörüldüğünden, tarımsal kuraklığın etkilerini azaltmak için en kısa zamanda alternatif yöntemlere yönelmeyi gerekmektedir (Tan, 2004). Bu nedenle, modern meyve ağacı fizyolojisinde strese bağlı tolerans mekanizmaları geliştirmek için biyostimülantlar kullanılmaya başlanılmıştır (Romo ve ark., 2001).

Biyostimülantlar, besin alımını artırma, bitki gelişimini teşvik etme ve gübre kullanımını en aza indirme yeteneklerinden dolayı meyve üretimi uygulamasına dahil edilir (Rouphael ve ark., 2018). Bu nedenle, yetiştiricilikte sürdürülebilirliği sağlanması adına modern yetiştirme tekniklerinin kullanımı ve mikoriza uygulamaları, ekim dikim zamanlarının ayarlanması, malç uygulaması, bazı yetiştirme ortamındaki ve bitkideki nem kayıplarının azaltılmasına yönelik gübre uygulamaları gibi kuraklık stresinin etkisini azaltıcı bazı uygulamalar en önemli öğeleri teşkil etmektedir (Jämtgard ve ark., 2010; Sánchez-Gómez ve ark., 2019). Hümik asit (HA), oksalik asit, salisik asit, silikon ve nitrik oksit gibi bazı organik ve inorganik ürünlerin bitkiye uygulanması, sulama aralıklarında azalmaya ve su kullanım randımanında artışa neden olmaktadır. Silikon ve nitrik oksit bitki beslenmesinde bitki gelişimi açısından pozitif yönlü etkide bulunarak, bitkilerde içsel ve dışsal streslere karşı tolerans sağlamaktadır (López ve Fabal, 2016).

### **Silikonun Bitki Büyüme ve Gelişmesine Etkileri**

- Bitkiler silikonu toprak solüsyonundan ‘orto silisik asit’ olarak da adlandırılan ( $H_4SiO_4$ ) mono silisik asit ( $Si(OH)_4$ ) anyon formunda bünyelerine almaktadırlar (Lewin, 1969; Yoshida, 1975).
- Silikon bitki büyümesini ve gelişimini uyarak verimi artırır.
- Bakteri ve mantarların sebep olduğu hastalıkları baskıladığı gibi bazı bitkilerde toz mildiyölerini önler (Takahashi, 1995). Ayrıca koçan kurdu, sap tırtılı, yaprak örümcek böceği ve değişik yaprak yiyicilerin zararlarını azaltır veya önler (Ma, 2004). Silikon bitkinin hücre duvarında birikmek suretiyle bitkiyi dış etkenler karşı güçlendirir (Ma ve ark., 2001). Böylece silikon hastalıklara neden olan mikroorganizmalar ile zararlanmalara yol açan böceklerle karşı koruyucu (kalkan) etki gösterir (Horst ve Marschner, 1978).

### **Abiyotik Stres Koşullarında Bitkilere Silikon Uygulaması**

1. Fiziksel Stresler Silikon kuraklık ve su stresi, rüzgar zararı, düşük ve yüksek ışık intensitesi, aşırı radyasyon, yatma ve don gibi fiziksel stres şartlarında bitkileri korur.
2. Kuraklık ve aşırı sıcaklığın sebep olduğu yüksek transpirasyon şartlarında ksilemin epidermal hücre dokularında silikon-selüloz membran şeklinde birikmek suretiyle transpirasyonu azaltarak su kaybını önlediği gibi aşırı transpirasyonun ksilem iletim demetlerinde oluşturacağı sıkışmadan kaynaklı basınca da mani olur (Ma, 2004).
3. Yaprakların kütikulasında birikmek suretiyle transpirasyonla su kaybını azaltarak bitkinin kuraklıktan zarar görmesini önler (Ma ve ark., 2001).
4. Ayrıca Si bazı bitkilerde sap hücrelerinin kalınlığını ve damar hacmini artırmak suretiyle rüzgarlı havalarda bitkilerin yatmaya karşı direncini artırır ve bitkiden su kaybını önler.
5. Silikon yaprakları dik tutarak ışıktan yararlanma oranını artırır (Hamayun, 2010). Silikonun bitkileri üzerine etkisini araştırmak için yapılan bir çalışmada, Silikonlu ve silikonsuz bitkilerde farklı seviyelerde  $\gamma$ -ışımına maruz bırakıldığında +Si fidelerin diğer fidelere göre daha iyi geliştikleri ve çok daha az ağırlık kaybı gösterdikleri belirlenmiştir. Burada silisyumun hücre membranlarındaki lipidlerin termal stabilitesini artırarak yüksek ısılarda bitkilerin zarar görmelerinin önlediği düşünülmektedir (Takahashi, 1995).
6. Silikon hücre duvarının ağır metallerle katyon köprüleri oluşturma özelliklerini değiştirerek ve silikonla kompleksler oluşturmasını sağlayarak metabolizmaya verdiği zararları azaltmak suretiyle

klorofil, kloroplast gibi hücre organelciklerinin stabilite ve aktivitesini artırır (Horst ve Marschner, 1978).

### NO Bitki Büyüme ve Gelişmesine Etkileri

- Endojen NO'in bitki büyüme ve gelişmesi ya da strese karşı oluşturulan bitki cevaplarının bir düzenleyicisi olarak etki ettiğini gösteren çok az kanıt olmasına rağmen (Beligni ve ark., 2002) bitki yaşam döngüsünün en azından bazı olaylarında rol oynadığı kesinlik kazanmıştır.
- NO'in tohum çimlenmesi ile yaprak genişlemesini teşvik ettiği, hipokotil ve internod uzamasını inhibe ettiği, savunma genleri ve fitoaleksinin üretimini arttırdığı bilinmektedir (Leshem, 2000; Beligni ve Lamattina, 2001). Beligni and Lamattina (2001a, b) NO'in bitkilerin özellikle gövdelerinde çeşitli metabolik ve gelişimsel süreçlerde rol oynadığını kanıtlamışlardır. Karanlıkta ya da düşük ışık şiddetinde büyüyen farklı bitki türlerinde (*Arabidopsis thaliana*, *Lactuca sativa*, *Solanum tuberosum*) nanomolar düzeydeki NO hipokotil ve internod uzamasını belirgin bir şekilde azalttığı belirlenmiştir (Beligni ve Lamattina, 2000).
- Bazı bitkilerde NO yapraklarda olduğu gibi (Leshem ve Haramaty, 1996), köklerde de düşük konsantrasyonlarda doku genişlemesini teşvik ederken yüksek konsantrasyonlarda inhibe ettiği tespit edilmiştir (Gouvea ve ark., 1997). Ayrıca Ferrer ve Ros Barcelo (1999) tarafından NO'in bitki peroksidazları ve ksilem elemanlarının lignifikasyonu üzerine etkileri rapor edilmiştir. NO bitkilerde yaralanma, enfeksiyon, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklık, ultraviyole (UV), ozon gibi çeşitli biyotik ve abiyotik streslere karşı bitki cevaplarında hem antioksidan hem de antistres ajanı olarak görev yaptığı belirlenmiştir (Neill ve ark., 2003).

### Abiyotik Stres Koşullarında Bitkilere NO Uygulaması

1. NO uzun yıllardan beri bilim dünyasında varlığı bilinen gaz yapıda bir moleküldür. Yakın zamana kadar bitkilerde NO'in etkileri ile ilgili çalışmalar azot oksitler tarafından oluşturulan atmosferik kirlenme üzerine yoğunlaşmıştır. Bitkilerde NO salınımı ve bitki büyümesi üzerine olan etkileri ilk kez 1970'li yıllarda tanımlanmıştır (Anderson ve Mansfield, 1979; Klepper, 1979). Daha sonraki yıllarda bitkilerin sadece atmosferik NO'e cevap vermediği aynı zamanda önemli miktarlarda endojen olarak NO'i ürettikleri de kesinlik kazanmıştır (Wildt ve ark., 1997).
2. İlk defa memeli hücrelerinde, daha sonra da bitkilerde NO'in büyüme ve gelişme süreçlerinde, biyotik ve abiyotik stres cevaplarının oluşmasında haberci molekül olduğu ispat edilmiştir (Anbar, 1995; Leshem ve Haramaty, 1996; Durner ve ark., 1998; Beligni ve Lamattina, 2001a, b; Del Rio ve ark., 2004; Graziano ve Lamattina, 2005).
3. Bununla birlikte, NO'in 1998 yılında bitki savunma sinyali olarak tanımlanmasına kadar bitki büyüme ve gelişmesi üzerine olan etkileri (Laxalt ve ark. 1997) gibi birkaç öncü araştırmacı ile sınırlı kalmıştır. Bu yıllardan sonra NO ve bitki biyolojisi ile ilgili çalışmaların sayısı gün geçtikçe artmaktadır (Durner ve Klessig, 1999; Beligni ve Lamattina, 2001a, b; Wendehenne ve ark., 2001; Neil ve ark., 2002, 2003; Del Rio ve ark., 2004; Graziano ve Lamattina, 2005).
4. Günümüzde NO'in biyolojik fonksiyonları üzerine yapılan araştırmalar oldukça dikkat çekicidir ve biyosentez yolunun hala tartışma konusu olması bitki fizyologlarını NO'in özellikle sentezi, biyokimyası ve moleküler mekanizması ile ilgili çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir (Neil ve ark., 2002).
5. Bitkilerde hücre, doku ve organ ya da tüm bitkinin ölümüyle sonuçlanan son derece önemli bir süreç olan senesens (yaşlanma) ve NO arasındaki ilişki Hung ve Kao (2003) gibi araştırmacılar tarafından çalışılmıştır. NO'in senesens sürecindeki muhtemel rollerinin netlik kazanmamış olması bu konuya olan ilgiyi arttırmaktadır.
6. NO ile ilgili tüm bu gelişmelere rağmen bitki metabolizması, büyüme ve gelişmesi üzerine olan esas rollerinin, özellikle bitki hormonları ile etkileşimlerinin, çeşitli stres koşullarına karşı oluşturulan savunma cevaplarındaki ve senesens sürecindeki görevlerinin ortaya çıkarılmasında çok daha fazla araştırmaya gereksinim duyulmaktadır.

Bahçe bitkileri alanında farklı türlerde NO ve Si bitkide morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerini belirlemek üzere birçok çalışma yapılmıştır.

Hu ve Schmidhalter (2005) ile Türkan ve ark. (2005) kuraklık stresinde bitki su potansiyelinin azalması ve stomaların açılıp kapanmasındaki düzensizlikler nedeniyle toplam klorofil miktarında azalmalar olduğunu ve bunun sonucu olarak fotosentez etkinliğinin azalarak bitkinin gelişiminde gerilemeler ortaya çıktığını açıklamaktadırlar.



Kanto ve ark. (2006) Toyonoka (aşırı duyarlı) ve Sachinoka (duyarlı) çilek çeşitlerinde çözünür silikon formu (sıvı potasyum silikat) uygulamasının küfe karşı reaksiyon direncini incelemişlerdir. Silikon uygulamasının, hastalığı önlemekten ziyade, hastalığın etkisini azalttığını bulmuşlardır. Çileğin yaprak sertliği incelendiğinde ise 2 yıl gibi sürede, kontrol ile silikon uygulanmış yaprak arasında önemli bir fark olmadığını bulmuşlardır.

Fan ve Liu (2012) çalışmalarında, kuraklık altındaki Poncirus'a NO donörü sodyum nitroprusit (SNP) ve nitrik oksit sentaz inhibitörü N G-nitro-L-arginin-metil esterin (L-NAME) eksojen uygulamış ve etkilerini incelemişlerdir. SNP ile muamele edilmiş fidelerden yapraklar daha az su kaybı, daha düşük elektrolit sızıntısı ve reaktif oksijen türü birikimi gösterirken, buna karşın daha yüksek antioksidan enzim aktiviteleri ve kontrole (suyula muamele edilmiş) kıyasla daha küçük stomatal açıklıklar göstermiştir. Ayrıca, saksı bitkilerinin SNP ile ön işlemden geçirilmesi, kontrole göre daha düşük elektrolit sızıntısı, daha yüksek klorofil içeriği ve daha büyük fotosentetik hız saptamışlardır. Bu sonuçlar doğrultusunda, SNP biçimindeki NO'nun dehidrasyon ve kuraklık toleransını artırdığını, buna karşın inhibitörün yaprakları veya bitkileri strese karşı daha duyarlı hale getirdiğini gösterir.

Zhang ve ark. (2016) Elma anaçlarının (Malus spp.) kuraklığa karşı toleransını geliştirmek için nitrik oksit (NO) uygulamışlardır. Çalışmalarında kuraklığa duyarlı Malus hupehensis (Pamp.) fidanları ve kuraklığa dayanıklı Malus sieversii (Ledeb.) anaçlarına 0–400 µmol L SNP püskürtülüp ardından bitkiler kuraklığa maruz bırakılmışlardır. Tüm SNP uygulamaları arasında, 300 µmol L SNP kuraklığa bağlı iyon sızıntısını ve birikimi azaltmıştır. Ayrıca SNP, kuraklık stresi altındaki elma anaçlarının yaprak suyu potansiyelini ve nispi su içeriğini korunmasında da yardımcı olduğu bulunurken, yapraklardaki çeşitli antioksidan enzimlerin aktiviteleri arttığını bulunmuştur. Bu sonuçlar, NO donörü SNP'nin antioksidan enzim aktivitelerini ve fotosentetik performansı artırarak Malus fidelerini kuraklığın neden olduğu oksidatif hasardan etkili bir şekilde koruduğunu saptamışlardır.

Hajiboland ve ark. (2018) Sera koşullarında yetiştirilen ve vejetatif, çiçeklenme ve meyve verme aşamalarında hasat edilen çilek (Fragaria × ananassa) bitkilerinde silikonun (Si) etkisi incelenmiştir. Bitki yaş ve kuru meyve ağırlığı Si ile arttığını, ancak yapraklarda karbonhidrat konsantrasyonu azaltmıştır. Bununla birlikte her üç gelişim aşamasında da serbest amino asitler hem yapraklarda hem de köklerde arttığı saptamışlardır. Silikon uygulamasının yapraklarda, köklerde ve meyvelerde üç gelişim aşamasının tamamında enzim aktivitesi ile fenolik içeriklerini önemli ölçüde değiştirdiğini bulmuşlardır. Ayrıca Si'un tüm meyve kalite parametreleri önemli ölçüde iyileştirmiştir.

Korkmaz (2018), sera koşullarında Rubygem çilek çeşidinde üç farklı sulama düzeyi (S1=saksı kapasitesi düzeyinde su uygulanması, S2=S1'e verilen suyun % 70'inin uygulanması, S3=S1'e verilen suyun % 40'nın uygulanması) ile hümitik asit (25 ppm) ve silikon (2.5 ppm) uygulamalarının bitkinin bazı morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal özellikleri ile makro besin elementi içeriklerine etkilerini incelemiştir. Su stresinin; yaprak alanında, bitki yaş ve kuru ağırlığında, yaprak oransal su içeriğinde, yaprak stoma iletkenliğinde, klorofil miktarında ve yaprak N, P, K, Ca, Mg kapsamında azalışa neden olurken, membran geçirgenliği, yaprak sıcaklığı, prolin ve lipid peroksidasyon düzeylerinde ise artışlara neden olmuştur. Hümitik asit ve silikon uygulamaları su stresinin bitki özellikleri üzerindeki olumsuz etkisini azaltıcı yönde reaksiyon gösterdiği bildirilmiştir.

Doğan (2018), Rubygem çilek çeşidinde kadmiyum (Cd), hümitik asit (HA) ve silikonun (Si) yalnız ve kombine uygulamalarının bazı bitki özelliklerine olan etkileri incelenmiş ve Cd uygulamaları bitkide; morfolojik özelliklerinde (yaprak alanı, bitki yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısında), fizyolojik özelliklerinde (yaprak oransal su kapsamı, yaprak stoma iletkenliği, klorofil içeriği, membran geçirgenliği, yaprak sıcaklığı) ve yaprak ile kökteki besin elementlerinde (N, P, K, Ca, Mg) farklı düzeylerde azalışa neden olmuştur. Ayrıca, kadmiyum stresindeki artışa paralel olarak bazı biyokimyasal (prolin, lipid peroksidasyon gibi) ve kök ile yaprak Cd düzeyinde artış meydana gelmiştir. Diğer taraftan, HA ve Si uygulamaları kadmiyum stresinin bitki özellikleri üzerindeki olumsuz etkisini azaltıcı yönde etkilediği bulunmuştur.

## SONUÇ

Kuraklık, yağışın uzun yıllar ortalamasının altında olması ve herhangi bir zamanda, herhangi bir yerde meydana gelebilecek bir iklim olayıdır. Kuraklığın etkileri genellikle ilk olarak tarımda görülür daha sonra diğer suya bağımlı sektörlerle doğru yayılır. Tarım sektöründe kuraklığın anlamı, diğer sektörlerden daha farklıdır. Çünkü bitkiler için yıl içerisinde yağın toplam yağıştan çok, büyüme dönemlerinde bitki kök bölgesinde var olan su

daha önemlidir. Dolayısı ile bitkilerin büyüme ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta bulunamaması, tarımsal kuraklık olarak adlandırılmaktadır.

Ülkemiz, küresel ısınmanın muhtemel etkileri açısından diğer risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır. Tarımsal kuraklığın olumsuz etkilerini azaltmak, kuraklık olmadan önceki dönemlerde alınacak tedbirler ve kuraklığın yaşandığı dönemlerde yapılacak doğru planlamalarla mümkündür. Bu nedenle, kuraklıktan önceki gelişme döneminde ve kuraklık yaşanırken atılacak adımlar ayrı ayrı planlanmalıdır. Öncelikle kullanılacak bitkisel materyalde planlama yapılmalıdır. Çünkü, bitkilerde su noksanlığına karşı oluşturulan cevaplar, türe, genotipe, su kaybı şiddetine ve uzunluğuna, bitkinin gelişme durumuna, yaşına, organ ile hücre tipine bağlı olarak değişmektedir. Mevcut su varlıklarının en verimli kullanmaya yönelik stratejiler geliştirilmelidir. Modern yetiştirme tekniklerinin kullanımı, mikoriza uygulamaları, ekim dikim zamanlarının ayarlanması, malç uygulaması, bazı yetiştirme ortamındaki ve bitkideki nem kayıplarının azaltılmasına yönelik gübre uygulamaları gibi kuraklık stresinin etkisini azaltıcı bazı uygulamalar en önemli öğeleri teşkil etmektedir. Hümik asit (HA), oksalik asit, salisik asit, silikon ve nitrik oksit gibi bazı organik ve inorganik ürünlerin bitkiye uygulanması, sulama aralıklarında azalmaya ve su kullanım randımanında artışa neden olmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Anbar M 1995. Nitric oxide: a synchronizing chemical messenger. *Experientia*, 51: 481–490.
- Anderson L, Mansfield TA 1979. The effects of nitric oxide pollution on the growth of tomato. *Environmental Pollution*, 20: 113-121.
- Anonim 2020. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/sicaklik-analizi.aspx>. Erişim tarihi: 16.09.2020.
- Anonymous 2005. Küresel ısınma nedir?, REC, Türkiye İklim Değişikliği Bülteni, Sayı:1 (15).
- Beligni MV, Lamattina L 2000. Nitric oxide stimulates seed germination and de-etiolation and inhibits hypocotyl elongation, three light-inducible responses in plants. *Planta*, 210: 215-221.
- Beligni MV, Lamattina L 2001a. Nitric oxide in plants: the history is just beginning. *Plant Cell Environ.*, 24: 267-278.
- Beligni MV, Lamattina L 2001b. Nitric oxide: a non-traditional regulator of plant growth. *Trends Plant Sci.*, 6(11): 508-509.
- Beligni MV, Fath A, Bethke PC, Lamattina L and Jones RL 2002. Nitric oxide acts as an antioxidant and delays programmed cell death in barley aleurone layers. *Plant Physiol.*, 129 (4): 1642–1650.
- Caruso A, Cheddor F, Carpin S, Depierreux C, Delmotte FM, Kahlem G, Morabito D 2008. Physiological characterization and identification of genes differentially expressed in response to drought induced by PEG 6000 in *Populus canadensis* leaves. *Journal of Plant Physiology*, 165: 932-941.
- Del Rio LA, Corpas FJ, Barroso JB 2004. Nitric oxide and nitric oxide synthase activity in plants. *Phytochemistry*, 65: 783-792.
- Doğan M 2018. Çilekte kadmiyum toksitesi altındaki bitkiler üzerine hümik asit ve silikonun etkilerinin incelenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans, Şanlıurfa, s.58.
- Durner J, Wendehemme D, Klessig DF 1998. Defense gene induction in tobacco by nitric oxide, cyclic gmp and cyclic adp-ribose. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 95: 10328-10333.
- Ferrer MA, Ros Barcelo A 1999. Differential effects of nitric oxide on peroxidase and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> production by the xylem of *zinnia elegans*. *Plant, Cell and Environment*, 22: 891–897.
- Graziano M, Lamattina L 2005. Nitric oxide and iron in plants: an emerging and converging story. *Trends Plant Sci.*, 10: 4-8.
- Gouvêa CMCP, Souza JF, Magalhaes ACN, Martins IS 1997. NO-Releasing substances that induce growth elongation in maize root segments. *Plant Growth Reg.*, 21: 183–187.
- Hamayun M, Sohn EY, Khan SH, Shinwari ZK, Khan AL, Lee IJ 2010. Silicon alleviates the adverse effects of salinity and drought stress on growth and endogenous plant growth hormones of soybean (*Glycine max L.*). *Pak. J. Bot.*, 42(3): 1713-1722.
- Hajiboland R, Moradtalab N, Eshaghi Z, Fezy J 2018. Effect of silicon supplementation on growth and metabolism of strawberry plants at three developmental stages. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 46 (2):144-161. <https://doi.org/10.1080/01140671.2017.1373680>
- Horst WJ, Marschner H 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris L.*). *Plant Soil*. 50: 287-303.
- Hu Y, Schmidhalter U 2005. Salinity and the growth of nonhalophytic grass leaves: the role of mineral nutrient distribution. *Functional Plant Biology*, 32: 973–985.

- Hung KT, Kao CH 2003. Nitric oxide counteracts the senescence of rice leaves induced by abscisic acid. *J. Plant Physiol.*, 160: 871-879.
- Özcan S, Babaoğlu M, Gürel E 2004. Bitki biyoteknolojisi genetik mühendisliği ve uygulamaları. S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya.
- Jämtgård S; Näsholm T, Huss-Danell K 2010. Nitrogen compounds in soil solutions of agricultural land. *Soil Biol. Biochem.* 42, 2325–2330.
- Kalefetoğlu T, Ekmekçi Y 2005. The effects of drought on plants and tolerance mechanisms. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18 (4): 723-740.
- Klamkowski K, Treder W 2008. Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 16: 179–188.
- Klepper LA 1979. Nitric oxide (NO) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) emissions from Herbicide-Treated Soybean Plants. *Atmosphere and Environment*, 13: 537.
- Kocaman FÖ 2009. Türkiye’de sivil toplum kuruluşlarının küresel ısınmaya bakışı ve faaliyetleri (Y. Lisans Tezi), A. Ü. SBE, Sosyoloji ABD., Ankara, 227s.
- Korkmaz K 2018. Çilekte su stresi altındaki bitkiler üzerine hümik asit ve silikonun etkisinin incelenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri, Yüksek Lisans, Şanlıurfa, s.55.
- Laxalt AM, Beligni MV, Lamattina L 1997. Nitric oxide preserves the level of chlorophyll in potato leaves infected by *Phytophthora infestans*. *European Journal of Plant Pathology*, 103: 643-651.
- Leshem YY 2000. Nitric oxide in plants, occurrence, function and use, Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Lewin CJ, Reimann BE 1969. Silicon and plant growth. *Annual Review of Plant Biology* 20:289–304.
- López-López N, López-Fabal A 2016. Compost based ecological growing media according eu eco-label requirements. *Sci. Hortic.* 212, 1–10.
- Ma JF, Miyake Y, Takahashi E 2001. Silicon as a beneficial element for crop plants. Elsevier Sci. Publishing, New York, pp. 17-39.
- Ma JF 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science and Plant Nutrition* 50(1):11-18.
- Neill SJ, Desikan R, Clarke A, Hurst RD, Hancock JT 2002. Hydrogen peroxide and nitric oxide as signalling molecules in plants. *Journal of Experimental Botany*, 53: 1237-1242.
- Neill SJ, Desikan R, Hancock JT 2003. Nitric oxide signalling in plants. *New Phytol.*, 159: 11–35.
- Romo S, Labrador E, Dopico B 2001. Water stress-regulated gene expression in *Cicer arietinum* seedlings and plants. *Plant Physiol. Biochem.*, 39: 1017–1026.
- Rouphael Y, Colla G, Giordano M, El-Nakhel C, Kyriacou MC, De Pascale S 2017. Foliar applications of a legume-derived protein hydrolysate elicit dose-dependent increases of growth, leaf mineral composition, yield and fruit quality in two greenhouse tomato cultivars. *Sci. Hortic.*, 226, 353–360.
- Sánchez-Gómez R, Torregrosa L, Zalacain A, Ojeda H, Bouckenoghe V, Schneider R, Alonso GL, Salinas MR 2019. *Scientia horticultrae* behavior of glycosylated aroma precursors in microvine fruits after guaiacol foliar application. *Sci. Hortic.* 246, e1–e8.
- Voogt W, Sonneveld C 2001. Silicon in horticultural crops grown in soilless culture. *Studies In Plant Science*, vol. 8: 115-131.
- Takahashi E 1995. Uptake mode and physiological functions of silica. *Japan J. Soil Science Plant Nutrient* 49: 357-360.
- Tan S 2004, Sürdürülebilir tarım. T.E.A.E Bakış. Sayı :5, s.1-4.
- Yoshida S 1975. The physiology of silicon in rice. Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan.
- Wendehenne D, Pugin A, Klessig DF, Durner J 2001. Nitric oxide: comparative synthesis and signalling in animal and plant cells. *Trends Plant Sci.*, 6: 177-183.
- Wildt J, Kley D, Rockel A, Rockel P, Segsneider HJ 1997. Emission of NO from several higher plant species. *Journal of Geophysical Research*, 102: 5919-5927.

## Meyve fidancılığında hümik asidin kullanım olanakları

İbrahim Bolat<sup>1\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-2817-3240>), Ramazan Karakeçili<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-0077-6717>), Meral Doğan<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-6227-2579>)

<sup>\*1</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa, Türkiye.

\*Sorumlu yazar ibolat@harran.edu.tr

### Özet

Meyvecilikte, yetiştiriciliğin ilk adımını fidan oluşturmada ve üretilen fidanların sağlıklı, kaliteli olmasının yanında, verimliliğe katkı sağlayacak genotiplerden üretilmesi de gerekmektedir. Modern meyve yetiştiricilerinin hedefi, anaç ve çeşidin fidanlıklarda özel yetiştirme durumları da dikkate alınarak fidan elde etmek ve ilk yıllardan itibaren yüksek verim alarak her yıl mükemmel meyve kalitesini sürdürmektir. Tarımsal üretimin sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla yetiştiricilik sırasında geleneksel yöntemlere alternatif veya destekleyici uygulamaların kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Çevre ve insan sağlığına zarar vermeyen, toprağın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini, dolayısıyla da bitki gelişimine ve ürün kalitesine olumlu etkiler sağlayan hümik asidin, günümüzde birçok alanda kullanım imkânı bulunmaktadır. Hümik asitler bitkinin topraktan bazı besin maddeleri, vitamin ve iz elementlerin alımını kolaylaştırarak bitki kök gelişimini arttırmaktadır. Araştırmacıların yapacakları araştırmalarında humik asitlerin yararlılık özelliklerinin ve etki mekanizmalarının ortaya çıkarılması, başta meyve fidan yetiştiriciliği olmak üzere tarımsal yetiştiriciliğe önemli veriler sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** hümik asit, meyve, fidancılık, bitki gelişimi

### Possibilities of using humic acid in fruit nursery

#### Abstract

In fruit growing, the first step of cultivation is seedlings, and the seedlings produced must be produced from genotypes that will contribute to productivity as well as being healthy and quality. The goal of modern fruit growers is to obtain seedlings, taking into account the special growing conditions of rootstocks and cultivars in nurseries, and to maintain excellent fruit quality every year with high yields from the first years. The use of alternative or supportive practices to traditional methods that show that the necessity of using agricultural production is effective is also used. Humic acid, which does not harm the environment and human health, provides positive effects on the physical, chemical and microbiological properties of the soil, and therefore plant development and product quality, is available in many areas today. Humic acids increase plant root development by facilitating the plant's intake of some nutrients, vitamins and trace elements from the soil. In the researches of the researchers, revealing the usefulness properties and mechanisms of action of humic acids will provide important data for agricultural cultivation, especially fruit sapling.

**Keywords:** humic acid, fruit, sapling, plant growth.

### GİRİŞ

Meyvecilik tarımsal yetiştiriciliğin içerisinde yer alan, ülkemizde yaygın olarak yapılan önemli bitkisel üretim faaliyetlerinden birisidir. Günümüzde toplumsal gelişmelere paralel olarak, meyve yetiştiriciliği yapılan alanlar büyük boyutlara ulaşmış olup üretimde ve üretim amaçlarında çeşitlilikler ve yeni yöntemler giderek artmaktadır (Ağaoğlu ve ark., 2010).

Yapılan yatırımların uzun ömürlü ve başarılı olması için yetiştiriciliği yapılan ekolojiye ve pazar isteklerine uygun çeşit ve aynı zamanda çeşide uygun anaçlarla bahçelerin kurulması oldukça önemlidir. Modern meyvecilikte bu planlamanın en önemli unsurlarından biri sertifikalı, yani meyve çeşitlerinin üstün nitelikli kaynağı bilinen ve ismine doğru, tescilli, sağlıklı ve kaliteli, standartlara uygun fidanlarla yola çıkılmasıdır. Kaynağı bilinmeyen, ismine doğruluğu ve sağlığından tam emin olunmayan fidanlarla kurulan meyve tesislerinin ilerleyen yıllarda önemli sorunlarla karşılaşma riski oldukça yüksektir (Çelik ve ark., 2000).

Ülkemizde verimli ve pazar değeri yüksek çeşitlerin yetersizlikleri, ismine doğru kaliteli fidanların kullanımındaki eksiklikler, uygun anaç kullanımında ortaya çıkan sorunlar, üretimde kaliteli standart çeşitlerin kullanılmaması ve üretimde modern meyveciliğin gerekleri olan kültürel uygulamaların tam anlamıyla uygulanamaması, verim düşüklüğünün olumsuz nedenleri arasında sayılabilir. Meyveciliğin karlı ve ekonomik olması ve geliştirilebilmesi için, bahçe tesisinde kullanılacak fidanların ismine doğru, kaliteli, sağlıklı, hastalık ve zararlılardan arı, yeni ve pazar değeri yüksek çeşitler ile üretilmesi ve bu fidanların yeterli sayıda ve kısa bir süre içinde yetiştiricilere ulaştırılması oldukça önemlidir (Öztürk ve Öztürk, 2014; Askari-Khorasgani ve ark., 2019).

Türkiye’de modern meyve bahçelerinin kurulumu son yıllarda giderek artmakta ve bu bahçelere ticari olarak önemli yatırımlar yapılmaktadır. Türkiye’de meyve veren ve vermeyen toplam ağaç sayılarına bakıldığında son 15 yıllık dönemde genellikle bir artış olduğu dikkati çekmektedir. Bu sebeple devamlı olarak yeni meyve fidanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu fidanların sağlıklı olması ve iyi gelişmiş kaliteli fidanlarla üretimin yapılması ve kültürel önlemlerin iyileştirilmesi ile meyve bahçelerindeki verimi 3-4 kat arttırmak mümkündür (Saydam, 2010).

Son zamanlarda dünya nüfusunun hızlı artışına karşılık tarım yapılan arazi alanlarının sınırlı kalması tarım alanlarında konut, turizm, sanayi gibi çeşitli nedenlerle kullanılması sonucu bu alanların azalması söz konusudur. Sınırlı olan tarım arazilerinde birim alandan en yüksek veriminin elde edilmesi oldukça önemlidir. Bu yüzden yetiştiricilik aşmalarında yapılan işlemlerin modern meyve yetiştiriciliği ilkelerine uygun olarak yapılması gerekmektedir. Yapılan araştırmalarda bitkilerin gelişimlerinin başlangıç dönemlerinde kök ve toprak üstü organlarının gelişimlerini hızlı bir şekilde tamamlamaları olumsuz çevre şartlarına dayanımını arttırdığı tespit edilmiştir (Day ve ark. 2011).

Tarımsal üretimde verim ve kalitenin yanı sıra sürdürülebilirliğin de sağlanması amacıyla yetiştiricilik sırasında geleneksel yöntemlere alternatif veya destekleyici uygulamaların kullanımı da giderek yaygınlaşmaktadır. Çevre ve insan sağlığına zarar vermeyen, toprağın fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerini, dolayısıyla da bitki gelişimine ve ürün kalitesine olumlu etkiler sağlayan organik materyallerin günümüzde birçok alanda kullanım imkânı bulunmaktadır (Altınbaş ve ark., 2004). Verimliliğin artırılması amacıyla kimyasal ve çiftlik gübrelerinin yanı sıra organik, organomineral, toprak düzenleyiciler ve mikrobiyal gübrelerin kullanım oranları giderek artmaktadır (Asri ve ark. 2011). Özellikle son yıllarda bu amaçla kullanımı giderek artan humik asitin verimliliği artırdığı, bitki sağlığını iyileştirerek ayrıca bitki biyokütlesini arttırdığı ve bu etkinin kök gelişiminde daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Dünya nüfusunun artmasına paralel olarak artan gıda ihtiyacı üreticilerin daha fazla verim elde edilir düşüncesi sonucu yoğun kimyasal gübreleme sonucu topraktaki organik madde fakirleşerek biyolojik faaliyetler azalarak toprağın yapısının bozulması ve verimliliğinin düşmesine neden olmaktadır. Gereken önlemlerin alınmaması kimyasal gübrelemeye devam edilmesi halinde her yıl topraklar daha da bozularak, bitki gelişmesi, kullanılan kimyasal gübrelemenin miktarına bağlı olarak yavaşlayacak ve ilerleyen zamanlarda durma noktasına gelecektir (Baldi ve ark., 2010; Coskun 2011). Yapılan kimyasal gübrelemenin sonucunda topraktaki organik madde miktarı ve dolayısıyla toprağın önemli bir bileşeni olan humus oranı azalacaktır. Humusun azalması sonucu topraktaki canlılarının aktivitesi de azalır, toprağa verilen gübreler toprakta tutunamayarak yıkanır gidecektir. Besin elementlerinin toprakta bitkilerin alabileceği formda değildir. Kimyasal girdi sonucunda besin elementlerinin, bitkilerin alabileceği şekle dönüşmeleri duracak, böylece toprağın fiziksel ve biyolojik özellikleri bozulacaktır. Bu durum sonucunda topraklarımızda; tuz konsantrasyonunun yükselmesine, mikroorganizma faaliyetlerinin giderek azalmasına, yeraltı sularının kirlenmesine, kimyasal olarak verilen gübrelerin topraktan çabucak yıkanmasına, verim ve elde edilen ürünün kalitesinin düşmesine, erozyonla toprak kaybına neden olacaktır. Organik gübre kullanılması halinde ise, topraklarımızın içerdiği organik madde miktarı artabilecektir (Jackson., 1958; Gökmen ve ark., 2012). Bunun üzerine araştırmacıların badem anaçlarında yaptıkları araştırmada tuz stresine karşı hümitik asit uygulamasında en yüksek ve en düşük protein ve enzim sentezi, sırasıyla HA'nın kontrol işlemi olan 60mM NaCl, 7kg/ha – 1 hümitik asit ve 180mM NaCl ile ilişkiliydi. En yüksek ve en düşük elektrolit sızıntısı 180mM NaCl, 2.5kg/ha – 1 hümitik asit ve tuzluluk kontrolü ile 7kg/ha – 1 hümitik asit ile ilişkili olduğunu belirlemişlerdir ( Hatami ve ark., 2018).

Bitkiler için optimum büyüme sağlamadaki en önemli problem bitkinin ihtiyaç duyduğu zamanlarda kullanılabileceği gerekli elementlerin toprakta yeterince bulunmamasıdır. Topraktaki elementlerin eksikliği

sonucu bitkilerde verim azalmaktadır. Toprak içeriğinin zenginleştirilmesi ve bitkide kalite ve verimliliğin artması amacıyla uygulanan hümik asitin topraktaki ana içeriği humustur. Humus toprağın kimyasal, fiziksel ve biyolojik özelliklerini etkileyerek bitki gelişimine yardımcı olmaktadır. Hümik asitlerin bu besleyici fonksiyonları özellikle makro ve mikro besin elementlerinin bitkiye aktarımında oldukça etkilidir. (Ghabbour ve Davies, 2001). Hümik asitin bahçecilikte kullanım olanaklarını incelemişlerdir. Yapılan araştırmada, hümik asitin besin elementi alımı ve asimilasyon dağılımı ile ilgili olarak kök ve sürgünlerdeki yapısal ve fizyolojik değişikliklerle karakterize edildiğini elde etmişlerdir. Ayrıca, abiyotik stres koşullarında bitki primer ve sekonder metabolizmasını olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir (Canellas ve ark., 2015).

Bitki için besin kaynağı olmanın ve yapısal oluşumdaki oldukça önemli faktörünün yanı sıra, hümik asitler toprağın fiziksel özelliklerini; su tutma kapasitesi, iyon değişim kapasitesi ve pH dengesi gibi özellikleri üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yeterli düzeyde hümik asit içeren bir toprağın bitki gelişimi ve büyümesine olumlu bir etki sağlayacağı birçok araştırma tarafından desteklenmektedir (Stevenson, 1994).

Bu çalışmada hümik asitin meyve fidancılığında kullanım olanaklarını değerlendirmek amacıyla dünyada ve ülkemizde daha önceden yapılan çalışmalar irdelenerek hümik asitin meyvecilik uygulamalarında kullanımları ve etkileri araştırılarak hümik asitin meyve fidancılığında kullanılması ile ilgili araştırmacılara fikir olması amaçlanmıştır.

### **MEYVE AĞAÇLARINDA HÜMİK ASİT KULLANIMI**

Meyve ağaçları toprak altı (kök) ve toprak üstü (taç) kısmı olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Meyve ağaçlarında kök kısmı anaç olarak değerlendirilmektedir. Anaç bitkilerin toprağa tutunmasını, su ve besin maddelerinin topraktan alınıp bitkinin diğer organlarına iletilmesini sağlamaktadırlar. Ağacın tac kısmı ise kalem olarak değerlendirilmektedir. Kalem kısmında yapılan fotosentez ürünlerinin taşınması ve birikmesi gibi çok önemli görevleri vardır (Özçağırın, 1974; Köksal, 1979; Rom ve Carlson, 1987). Anaçlar üzerlerine aşılardan çeşitlerin uzun süre yaşama ve yüksek verim vermelerinde oldukça etkilidirler. Ayrıca, anaç meyve ağaçlarının değişik iklim ve toprak koşullarına uyumu, hastalık-zararlılara dayanımı, gelişme kuvveti, verim ve kalite gibi birçok faktörde oldukça önemlidir (Bolat ve İkinci, 2019; Hepaksoy, 2019).

Hümik asit özellikle kök gelişimini sağlayarak bitki büyüme ve gelişimini olumlu olarak desteklediği birçok araştırma tarafından desteklenmektedir. Hümik asit iyi bir köklendirici olarak işlev yapabilir ayrıca hümik asit kök oluşumunu desteklediği gibi, kök hücrelerinin enzim aktivitesini de uyararak bitkilerin besin ve su alımını da arttırmaktadır. Yetiştiricilikte hümik asit kullanımına paralel olarak ürün miktarı ve kalitesinde yükselme söz konusudur. Maurino çeşidi zeytin de hümik asit ilavesinin bitkide azot alım oranına ve bitki gelişimine olan etkisini incelemiştir; hümik asit ilavesi yapılan saksılarda bitkinin kök ve gövdesinde artış meydana geldiğini ve bitkinin yan köklerinin ise daha iyi geliştiğini saptamışlardır. Shehata ve ark. (2011), topraktan hümik asit uygulamasının Festival çilek bitkisinde genellikle bitki boyu ve meyve ağırlığının daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Tattini ve ark., 1990).

Hümik asitin bitki özellikleri üzerine etkilerini incelemek amacıyla yapılan çalışmalar incelendiğinde; Abourayya ve ark., (2020) Nonpareil badem ağaçlarının vejetatif büyüme ve beslenme durumu üzerindeki etkisini araştırmak için iki yıl paralel olarak büyüme mevsiminin başında toprağa hümik asit (H) uygulaması ve milagro (M) biyo-uyarıcı yapraktan uyguladılar. Sonuçlar, farklı uygulamaların bitkinin vejetatif büyümesini, gövde uzunluğunu, çapını, dal ve yaprak sayısını, yaprak alanını, yaprak taze ve kuru ağırlığını ve yaprak kuru ağırlığını, ayrıca yaprak klorofillerini ve mineral içeriğini, kontrole kıyasla iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Ferrara ve ark., (2007), hümik asidi asma (*Vitis vinifera* L.) bitkilerine yapraktan uyguladıklarında, hümik asidin ürün miktarını ve niteliğini kontrol gruplarına göre oldukça olumlu etkilediğini belirtmişlerdir. Diğer yandan topraktan elde edilen hümik asidin 5 ve 20 mg kg<sup>-1</sup> dozlarında uygulanması sonucu asmalardan ortalama olarak sırasıyla 32.2 ve 29.9 kg üzüm elde edilirken, hümik asit verilmeyen kontrol grubunda ise bu miktar sadece 28.2 kg olarak belirtmiştir. Hümik asidin de asmalara verilmesi sonucunda, üzüm tanelerinin boyunda, çapında ve ağırlığında belirgin artışlar oluşturduğunu belirtmişlerdir.

Hümik asitler metal iyonlarla bileşikler oluşturarak, toprağın bitkiye yarayışlı mikro besin maddelerince zenginleşmesini, maddelerin suda çözünürlüğünü ve toksik maddelerin inaktivasyonunu sağlamaktadır (Schindler, 1992). Bitki kökleri, belirli konsantrasyonlardaki hümik maddelerle temas halinde olduklarında, bitkinin köklerinin ya da tamamının katyonik ve anyonik makro besinlerinin miktarında bir artış görülmektedir. Hümik maddelerin yapılarında bulunan önemli orandaki karboksilik asit grupları, fenolik ve alkolik hidroksil keton ve kinon gibi öğeler, onlara negatif (-) elektriksel yük kazandırarak katyonları absorbe

etmelerine ve topraklarda doğal şelat olarak görev yapmalarına olanak vermektedir. Hümik maddeler toprakların katyon değişim kapasitelerini (KDK) artırır ve toprak verimliliğini yükseltir. Hümik maddelerin katyon değişim gücü, kil minerallerinden oldukça fazladır. Bundan dolayı, toprakta bulunan tüm gerekli metaller hümik asitlerle şelat yapabilmektedir (David ve ark.,1994; Day ve ark., 2011). Kalamata” zeytin ağaçlarında hümik asit ve biyo-hümik maddenin verim ve meyve kalitesi üzerindeki etkisini incelemek için HA asit uyguladıkları bu çalışmada; toprağın katyon değişim kapasitesinin artırılması, toprak pH'nın düşürülmesi, kök gelişiminin artması, kılcal kök artırılması besin elementlerinin alınmasının iyileştirilmesi gibi olumlu etkiler gözlenmiştir. Ayrıca Kalamata zeytin ağaçlarının verimini ve meyve kalitesini iyileştirdiği belirtilmiştir (Abd El-Razek ve ark., 2020).

Hümik moleküllerin topraktaki Fe + absorpsiyonunu artırarak klorofil içeriğinin artırılmasını, alkali ve ağır topraklarda Rubisco enzim aktivitesini artırarak fotosentezin artırılmasını sağlamaktadır (Delin ve ark., 2005). Ayrıca N ve K gibi temel besin maddelerinin emilimine katkıda bulunarak, çözünebilir protein ve enzim sentezini artmasına ve elektrolit sızıntısının azalmasına neden olur. Bitki hücrelerinde adenozin trifosfat (ATP) üretimini artırarak ve geçirgenliği artırarak, çeşitli mineral besinlerin metabolik ihtiyaç alanlarına daha fazla taşınmasıyla sonuçlanan toprak verimliliği ve bitki beslenmesinde hayati bir rol oynarlar.

Hümik maddeler geniş bir pH aralığında tampon özelliği göstermektedir. Hümik maddeler toprak pH'ını nötralize etmektedir. Toprak pH'ı nötralize olduğu zaman, toprakta bağlı duran ve bitki kökleri tarafından alınamayan birçok iz element alınabilir hale gelmektedir. Hümik maddeler ayrıca toprakta bulunan kalsiyum karbonattan (kireç) karbondioksiti serbest hale getirirler. Serbest hale gelen CO<sub>2</sub> bitki tarafından alınabilir. Bu bilgi doğrultusunda; Tehranifar ve Ameri (2014), Camarosa çilek çeşidinde hümik asidi iki farklı uygulama yöntemi (fertigasyon ve sprej) ile farklı konsantrasyonlar şeklinde (0, 10, 20, 30 ve 40 ppm) uygulamışlardır. Yapılan incelemeler sonucunda en yüksek protein ve azot miktarının fertigasyonda 20 ppm konsantrasyonunda ve en yüksek fosfor ile potasyum miktarının ise 10 ppm konsantrasyonda olduğunu tespit etmişlerdir.

Hümik asidin kök hücrelerinin zar geçirgenliğini artırarak Na, K, Ca, Fe ve Mn gibi besin maddelerinin alımı ve bitkide taşınmasını olumlu olarak etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, hümik asit uygulamasıyla besin minerallerinin bitkiye alınımındaki artış, hümik asidin kök hücrelerinin H-ATPaz enzim aktivitesini uyarabildiğini kanıtlamaktadır. Erik ağaçlarına humik ve fulvik asit içeren TKİ-Hümas'ın topraktan artan dozlarda uygulanmasıyla ağaçların yıllık sürgün uzunluğunun değişimi istatistiksel açıdan önemli bulmuşlardır. Bunun yanında artan miktarlarda uygulanan TKİ-Hümas'ın erik ağaçlarının yapraklarının K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Mn ve B konsantrasyonları üzerine etkileri de istatistiki bakımdan önemli olduğunu belirtmişlerdir (Gezgin ve ark., 2009).

Hümik asitler bitkide kök gelişimini artırarak mineral alımını hızlandırır. Wang ve ark., (1991) üzüm bitkisinde organik ve kimyasal gübrelerle birlikte 35 lt/ha oranında hümik asit uygulamasının etkilerini incelemek amacıyla yaptıkları çalışmada. Kontrol bitkilerinde sadece N, P, K gübrelerini kullanmışlardır. Yaptıkları bu araştırma sonucunda en yüksek üzüm veriminin hümik asit ile birlikte uygulanan organik gübrelerden sağlandığını ayrıca meyvenin kalitesini artıran şeker içeriğinin de hümik asit uygulanan bitkilerde kontrol grubuna oranla daha da yüksek olduğunu gözlemişlerdir. Dolayısıyla bitki daha gelişmiş, büyük bir gövdeye sahip olur, meyve sayısı ve kalitesi artar. Bunun yanında humik maddeler bitkilerde kök çürümesine neden olan Fusarium spp. Fungusuna karşı da etkilidir (Yiğit ve Dikilitaş, 2008). İki farklı kiraz anacı üzerine aşılı iki kiraz çeşidinde görülen demir klorozunun giderilmesi için farklı demir bileşikleri ve humik asit (FeEDDHA, humik asit, FeSO<sub>4</sub>, humik asit+FeSO<sub>4</sub>) uygulamışlardır. Demir klorozunun giderilmesinde en etkili uygulamanın FeEDDHA olduğunu belirlemişlerdir. İkinci sırada iyi uygulama ise humik asitin demir sülfatla birlikte uygulaması olduğunu saptamışlardır (Kalinbacak ve Köksal 2004).

## SONUÇ

Son zamanlarda fidan üreticileri fidanın kalitesini ve miktarını yükseltmek için aşırı miktarlarda kimyasal gübre kullanmaktadırlar. Toprağa uygulanan fazla gübre hem toprakların yapısını bozmakta hem de ekonomik açıdan zarara neden olmaktadır.

Ülkemizin iklim ve toprak koşulları göz önüne alındığında üretim girdilerinden gübrenin daha bilinçli bir şekilde kullanılması ile verimde büyük artışlar sağlanabilecektir. Yapılan birçok çalışma, hümik asidin çeşitli

kültür formları ile doğal bitkilerin büyüme ve gelişmeleri yanında kuraklık, tuzluluk gibi stres faktörleri, toksik miktarlardaki elementlerin olumsuz etkilerinin giderilmesinde oldukça faydalı olduğu belirlenmiştir.

Bu araştırmalar, uygun konsantrasyonlardaki hümik asitin, özellikle bahçecilik, ziraat ve tarımda kullanıldığında stres faktörleriyle mücadele etmede ve belirli ölçülerde kirletilmiş topraklarda yetişen bazı bitkilerin toksik etkilerini indirgeyerek kaliteli fidan üretilmesine dolayısıyla meyve ağaçlarının gelişiminde ve ürün kalitesinde önemli bir destekleyici olabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu bilgiler ışığında bahçecilik faaliyetlerinde özellikle de meyve yetiştiriciliğinin başlangıç aşamasını oluşturan fidan yetiştiriciliğinde hümik asit ve diğer organik bileşiklerin kullanımının yaygınlaştırılması ve yetiştiricilik faaliyetlerinde kullanım olanaklarının geliştirilmesi hedeflenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Ağaoğlu YS, Çelik H, Çelik M, Fidan Y, Gülşen Y, Günay A, Halloran N, Köksal Aİ, Yanmaz R 2010. Genel Bahçe Bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1579, Ders Kitabı: 531, Ankara, 369s.
- Anonim 1997. Meyve ve asma çeşit/anaç damızlığı fidan üretim materyali ve fidanların sertifikasyonuna ait genel esaslar tebliği. Tebliğ No, 11, Resmi Gazete Sayı, 22868, 5 Ocak 1997, 311, Ankara.
- Askari-Khorasgania O, Jafarpoura M, Hadada MM, Pessaraklib M 2019. Fruit yield and quality characteristics of “Shahmiveh” pear cultivar grafted on six rootstocks. *Journal of Plant Nutrition* 42(4), 323–332.
- Baldi E, Toselli M, Marangoni B 2010. Nutrient partitioning in potted peach (*Prunus persica* L.) trees supplied with mineral and organic fertilizers. *Journal of plant nutrition*, 33(14), 2050-2061.
- Bernardoni C, Cerioni G, Fabbri A, Paoletti M 1990. Fertigation Experiments in Horticulture. *Coltre Protette*, 19, 12.
- Bolat İ, İkinci, A 2019. Meyvecilikte anaç kullanımı. I. Uluslararası Harran Multidisipliner Çalışmalar Kongresi (8-10 Mart 2019, Şanlıurfa, Türkiye) Bildirileri, 278-283.
- Canellas LP, Spaccini R, Piccolo A, Okorokova-Façanha A, Façanha AR, Olivares FL 2009. Relationships Between Chemical Characteristics and Root Growth Promotion of Humic Acids Isolated From Brazilian Oxisols. *Soil Sci.*, 174:1-10.
- Canellas LP, Olivares FL, Aguiar NO, Jones DL, Nebbioso A, Mazzei, P., Piccolo, A., 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Sci. Hort.* 196, 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>.
- Cordeiro FC, Santa-Catarina C, Silveira V, De Souza SR 2011. Humic Acids Effects on Catalase Activity and The Generation of Reactive Oxygen Species in Corn (*Zea Mays*). *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 75: 70-74.
- Coşkun N 2011. Bitki Büyümesini Artırıcı Rizobakteriler ve Perlan (BA+GA4+7) Uygulamalarının M9 Anacı Üzerine Aşılı Bazı Elma Çeşitleri Fidanlarında Dallanma Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 37s.
- Çelik H, Aşık BB, Ali Turan M, Katkat AV 2012. Yapraktan Uygulanan Hümik Asidin Kireçli ve Tuzlu Toprak Koşullarında Mısır Bitkisinin Gelişimi ve Kimi Besin Elementleri Alımı Üzerine Etkisi. *Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi*. 14 (1): 549–561.
- Çelik M, Sakin M 1991. Ülkemizde Meyve Fidanı Üretiminin Bugünkü Durumu, Türkiye 1. Fidancılık Sempozyumu Bildiri Kitabı, 26-28 Ekim T. C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Ankara, 169-180.
- David PP, Nelson PV, Sander DC 1994. Humic acid improves growth of tomato seedling in solution culture. *Journal of Plant Nutrition*, 17(1):173- 184.
- Day S, Kolsarıcı Ö, Kaya MD 2011. Hümik asit uygulama zamanı ve dozlarının ayçiçeğinde (*Helianthus annuus*) verim, verim öğeleri ve yağ oranına etkisi, *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* (2011) 24(1):33-3.
- Dizman M, Tutar A, Karaman MR, Turan M, Horuz A 2012. Hümik Madde Kavramı ve Kısa Bir Tarihi Bakış. *Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi*. 14 (1): 11–24.
- Engin VT, Cöcen İ, İnci U 2012. Türkiye’de Leonardit. *SA. Ü. Fen Edebiyat Derg.* 14 (1): 435–443.
- Ferrara G, Pacifigo A, Simeone P, Ferrara E 2007 Preliminary Study on the Effects of Foliar Applications of Humic Acids on Italia Table Grape”, XXXth. Worl Congress of Vine and Wine, Budapest, Romania, June.



- Gökmen Yılmaz F, Harmankaya M, Gezgin S 2012. Farklı Demir Bileşikleri ve TKİ HÜMAS Uygulamalarının Ispanak Bitkisinin Demir Alımı ve Gelişimine Etkileri. Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi. 14 (1): 217–231.
- Güleryüz M 1991. Ülkemiz meyve fidancılığında anaç sorunu ve dünyada anaç ıslahı ile ilgili çalışmalar. Türkiye I. Fidancılık Sempozyumu (26-28 Ekim 1987, Tokat) Bildiriler Kitabı, T.C. Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı (Ankara), 273-284.
- Hepaksoy S 2008. Meyve Fidanı Yetiştirilmesi (s. 157- 190). Genel Meyvecilik (1. Baskı). Nobel Yayınevi, Ankara, 492 s.
- Hepaksoy S 2019. Meyvecilikte anaç kullanımı, armut anaçları. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 12 (2), 69-74.
- Jackson M 1958. Soil chemical analysis. p. 1–498. Prentice–Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Karaman MR, Şahin S, Geboloğlu N, Turan M, Güneş A, Tutar A 2012. Hüyük Asit Uygulamaması Altında Farklı Domates Çeşitlerinin (*Lycopersicon esculentum* L.) Demir Alım Etkinlikleri. Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi. 14 (1): 301–308.
- Ma. Tehranifar A, Ameri A 2014. Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristics of (*Fragaria ×ananassa*) Camarosa. VII International Strawberry Symposium, 10.17660/ActaHortic., 1049: 54.
- Martin JA, Senn JTL, Moore MAE 1962. Influence of humic acids on growth, yield and quality of certain horticulture crop. South Caroline Agricultural Experiment Station. Clemson College, Research series No.20.
- Masciandaro G , Ceccanti B, Ronchi V, Benedicto S, Howard L, 2002. Humic Substances to Reduce Salt Effect on Plant Germination and Growth. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 33 (3), 365-378.
- Müftüoğlu NM, Türkmen C, Çıkılı Y 2012. Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizleri. Kriter Yayınevi No: 11413, İstanbul.
- Özkan S 2007. Türk Linyitlerinden Hüyük Asit ve Gübre Üretimi, Ankara Üniv. Fen Bilimleri Ens. Kimya Müh. Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Öztürk A, Öztürk B 2014. The rootstock influences growth and development of ‘Deveci’ Pear. Turkish Journal of Agriculture and Natural Science, 1, 1049- 1053.
- Pılanali N, Kaplan M 2002. Çileğin meyve rengi ile farklı formlarda uygulanan humik asit ve toprağın bazı bitki besin maddesi kapsamları arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 12(1), 1-5.
- Sağlam MT, Özel EZ, Bellitürk K 2012. İki Farklı Tekstüre Sahip Toprakta Leonardit Organik Materyalinin Mısır Bitkisinin Azot Alımına Etkisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi. 14 (1): 383–391.
- Saydam O 2010. Bademli (Ödemiş/İzmir) Örneğinde Meyve Fidanı Yetiştiriciliğinin Durumu ve Sorunları. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir. 96s.
- Senn TL, Kingman AR 1973. Agricultural experiment station A review of humus and hüyük asids, South Carolina.
- Stevenson, F.J., 1994. Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reactions. John Wiley and Sons, New York.
- Shehata SA, Gharib AA, El-Mogy MM, Gawad A, Shalaby EA 2011. Influence of Compost, Amino and Humic Acids on The Growth, Yield and Chemical Parameters of Strawberries. Journal of medicinal plant research ,vol.5 (11): 2304-2308.
- Sözüdoğru S, Kütük C, Yalçın R, Usta S 1996. Hüyük asitin fasülye bitkisinin gelişimi ve besin maddelerini alımı üzerine etkisi. Ankara Üniv. Zir. Fak. Bilimsel Araştırma ve İncelemeler, No: 800 Yayın, No: 1452. Ankara.
- Tattini, M., Chiarini, A., Tafani, R., Castagneto, M., 1990. Effect of Humic Acids on Growth and Nitrogen Uptake of Container Grown Olive. Actahorticulturae, 286, 125-128.
- Turan MA, Aşık BB, Çelik H, Katkat AV 2012. Tuzlu Koşullarda Yapraktan Uygulanan Hüyük Asidin Mısır Bitkisinin Gelişimi ve Kimi Besin Elementi Alımı Üzerine Etkisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi. 14 (1): 529–539.
- Yılmaz M 1994. Bahçe Bitkileri Yetiştirme Tekniği. Çukurova Üniversitesi Basımevi, Adana, 151s.
- Zenginbal E 2016. Örtü Altı ve Arazi Koşullarında Tüplü Armut Fidanı Üretimi. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, 59 s.

## Taşıtlarda frenleme durumlarında yakıt tüketimi ve fren kuvvetlerinin karşılaştırılması

Hüseyin Bayrakçeken<sup>1</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1572-4859>), Hicri Yavuz<sup>2\*</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8427-5164>), Faruk Emre Aysal<sup>1</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9514-1425>), Tuğçe Türkbay<sup>1</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7263-9741>)

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Afyon, Türkiye

<sup>2</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri, Afyon, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [hicriyavuz@aku.edu.tr](mailto:hicriyavuz@aku.edu.tr)

### Özet

Taşıtlarda frenleme sisteminin görevleri; taşıtı durdurmak, taşıtı bulunduğu yerde sabitlemek, değişken yol ve trafik durumlarında taşıt hızının kontrol etmektir. Trafik ışığı, yaya etkisi, yolda engel bulunması vb. durumlarla karşılaşıldığında farklı pedal kuvvetlerinde sürekli frenlemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum yakıt tasarrufunu olumsuz yönde etkilemektedir.

Bu deneysel çalışmada fren yol şartlarının simüle edildiği test cihazında 3000 rpm 4. vitesteki bir araçta 4, 5 ve 6 bar fren sistemi basınçlarında 120 saniye sürecek şekilde fren pedalına kuvvet uygulanmıştır. Deneylerde farklı basınç durumlarındaki fren kuvvetleri ve yakıt tüketimleri arasında karşılaştırma yapılmıştır. Aracın motoru çalıştığı sürece yakıt tüketimi sürmekte dolayısı ile frenleme durumunda da yakıt tüketilmeye devam edilmektedir. Frenleme basınçlarının artması ile beraber fren kuvveti ve yakıt tüketimi değerlerinde artış meydana gelmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Frenleme kuvveti, İçten Yanmalı Motorlar, Yakıt Tüketimi

### Comparison of fuel consumption and braking forces in braking situations in vehicles

#### Abstract

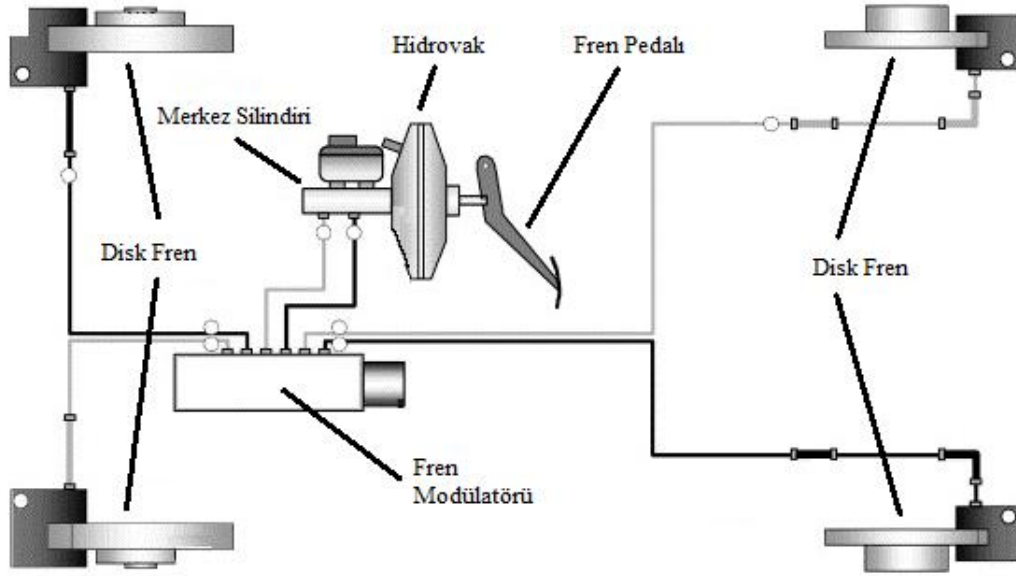
Functions of braking system in vehicles; stopping the vehicle, fixing the vehicle where it is located, controlling the speed of the vehicle in variable road and traffic situations. Traffic light, pedestrian effect, obstacle on the road etc. Continuous braking is required at different pedal forces when faced with situations. This situation negatively affects fuel economy.

In this experimental study, in a test device simulating the brake road conditions, force was applied to the brake pedal for 120 seconds at 4, 5 and 6 bar braking system pressures in a vehicle in 3000 rpm 4th gear. In the experiments, comparisons were made between brake forces and fuel consumption at different pressure conditions. As long as the engine of the vehicle is running, fuel consumption continues, so fuel consumption continues during braking. With the increase in braking pressures, there is an increase in brake force and fuel consumption values.

**Keywords:** Braking Force, Internal Combustion Engines, Fuel Consumption

### GİRİŞ

Aktif güvenlik sistemlerinden birisi olan fren sistemleri geçmişte olduğu gibi günümüzde de taşıtlar için önemli sistemlerden birisidir. Mekanik, hidrolik (Şekil 1.) ve pnömatik olarak tasarlanmakta olup, yeni nesil hibrid veya elektrikli araçlarda rejeneratif frenlemede elektrikli olmak üzere çeşitlere ayrılmaktadır. Aracın frenleme esnasında kontrol edilmesine yardımcı olan elektronik sistemlerden bağımsız olarak fren sistemleri, fren balatalarının hidrolik, pnömatik veya mekanik sistemlerle hareket ettirilmesiyle gerçekleştirilen sürtünme yoluyla ya da elektrikli olarak manyetik etki ile frenlemeyi sağlarlar ((Denimal ve ark.,2017; Surbly ve Sokolovskij., 2016).



Şekil 1. Hidrolik Fren Sistemi (Straky ve ark., 2003)

Sürücüler, trafikte algılanan riske göre aracın hızını azaltmak için fren kuvvetine ihtiyaç duyarlar. Frenlemenin etkisi lastik havalının basıncı, fren sistemindeki parçaların durumu ve sürücüye bağlı olarak değişmektedir. Frenleme nedenleri değişik olmakla birlikte şehir içi trafikte; yola yaya vb. engellerin çıkma ihtimalinin yüksek olması, öndeki araçla takip mesafesinin kısa olması durumlarından dolayı daha çok frenlemeye ihtiyaç duyulur. Farklı yol durumlarında frenlemeye olan ihtiyacın artmasına ya da azalmasına bağlı olarak yakıt tüketimi de artma ya da azalma eğilimi göstermekte iken sürüş konforu da frenlemeden etkilenmektedir. (Pavar ve ark., 2020; Dang ve ark., 2013; Coloma ve ark., 2018).

Yoldaki trafik sıkışıklığına, trafik ışıklarına yolun fiziki durumuna bağlı olarak çok sık ve agresif fren kullanımı yerine uygun fren kullanımı güvenliği de artırmaktadır. Bu şekildeki araç kullanımı taşıt vites kutularında vites geçişlerinin daha uygun olmasına, gereksiz yere hızlanmadan kaçınmaya, rölanti devrinin daha düzgün olmasına, yakıt tüketimini azalmasına yanısıra emisyonlar üzerinde de olumlu bir etkiye sahiptir. (Huang ve ark., 2018).

Yakıt tüketimini azaltmak için daha az fren kullanmanın yanı sıra aracın hızına uygun motor devrinde aracı çalıştırmak lastik basınçlarının uygun değerlerde olması da önemlidir (Ho ve ark., 2015). Yüksek hızlarda frenlemeye ihtiyaç duyulduğunda hıza bağlı olarak fren sürelerinin artması da yakıt tüketimini değişik oranlarda artırmaktadır. Yakıt tüketimini azaltmak için uygun sürüş durumlarının geliştirilmesi gerekmektedir (Han ve ak., 2019).

Taşıtlarda yakıt tüketimi etkilerini belirlemek üzere; serbest akışlı sürüş koşulları, verimsiz sürüş davranışı, yolun tıkanıklık koşulları, engebeli yollar nedeni ile meydana gelen yüksek yakıt tüketimi ile yakından ilişkilendirilmiş değişik faktör analizleri yapılmıştır. Faktörlerin oluşumunda frenleme kuvvetinin etkisi yüksek bulunmuş ve yakıt tüketimini azaltmada faktör analizlerinin olumlu sonuçlar verdiği belirtilmiştir (Lois ve ark., 2019).

Uygun devirlerde hızlanma, yol-trafik durumunu tahmin ederek fren sistemini kullanmak, yüksek motor devrinden kaçınmak yakıt tüketimini azaltmak için gerekmektedir (Barkenbus 2010). Araç kullanmada sürücülere geri bildirim sağlanması ile meydana gelen gelişmiş sürüş davranışlarının yakıt tüketimini %3-10 oranında azalttığı ve büyük araçlarda aynı şekilde geri bildirim sağlanması ile yakıt tüketiminin daha da azalacağı belirtilmiştir (Toledo ve Shiftan., 2016)

## MATERYAL VE METOD

Yol şartlarında aracın bulunduğu ortam sıcaklıkları, motor sıcaklığı ya da taşıta etkiyen yuvarlanma direnci sürüş faktörü gibi faktörlerin değişken olması nedeni fren test deney setinden faydalanılmıştır. Testlerin standart olarak istenilen yol şartlarında daha hassas bir şekilde yapılabilmesine imkân sağlayan Bayrakçeken ve ark. (2016) tarafından tasarlanan Afyon Kocatepe Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği laboratuvarında bulunan fren testi deney setinden faydalanılmıştır (Şekil. 2). Fren test cihazı ile yapılan deneyler sonucunda fren kuvveti değişimleri ile bu esnadaki yakıt tüketimi değerleri kayıt altına alınmıştır.

Deney motoru 3000 d/dak'da 4. vites durumunda çalıştırılmış olup balata sıcaklığının aşırı artmaması için deneylerde 120 saniyelik periyotlarda, merkez silindiri hidrolik basıncı 4-5 ve 6 bar da sabit tutulmak üzere fren pedalına kuvvet uygulanmıştır.

Deney düzeneği 1400 cc benzinli motor ile hidrolik fren sistemine sahiptir (Şekil 2.). Lastik tekerlekler metal bir tambur üzerinde hareket etmektedir. Tekerlek basınçları 34 PSI süspansiyon sistemi ise düz yol şartlarındaki gerekli süspansiyon yüksekliğine ayarlanmıştır. Fren sistemi basınç değerleri, fren kuvveti değerleri, tekerlek tambur devri ve balata sıcaklığı değerleri 0,1 saniye aralıklarla anlık olarak cihazın bilgisayarı tarafından kaydedilmektedir. Deney düzeneğinde çalışan motordaki yakıt kullanım miktarını belirleyebilmek için yakıt deposu elektronik terazi üzerine konumlandırılarak yakıt tüketim değerleri kayıt altına alınmıştır.

Fren sistemi basınç değeri merkez silindirinden sonraki hatta ölçülmüş ve deney için kullanılan basınç değerleri için fren pedalı sabit tutulmuştur. 20-120 saniye aralığında 20'şer saniye aralıklarla verilerin ortalamaları alınarak grafikler oluşturulmuştur. 120 saniye sonunda araç stop edilmiş ve yakıt sisteminin stabil hale gelmesi için 5 saniye kadar beklenerek yakıt tüketimi değerleri kayıt altına alınmıştır.

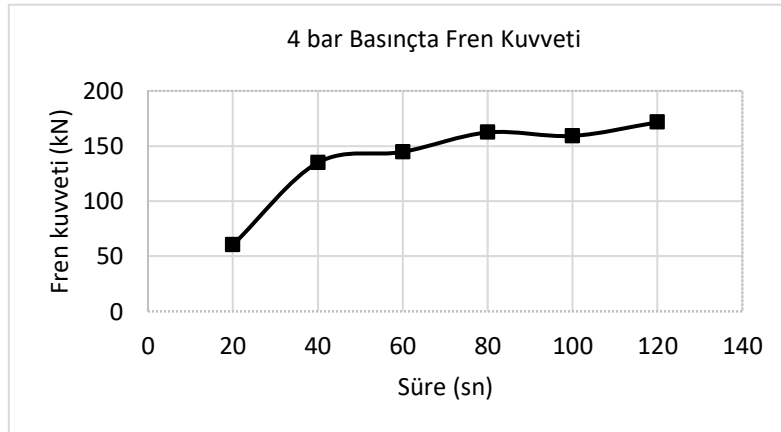


Şekil 2. Fren test cihazı deney düzeneği (Bayrakçeken ve ark., 2019)

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4 Bar Basıncıta Fren Kuvveti Ölçümü

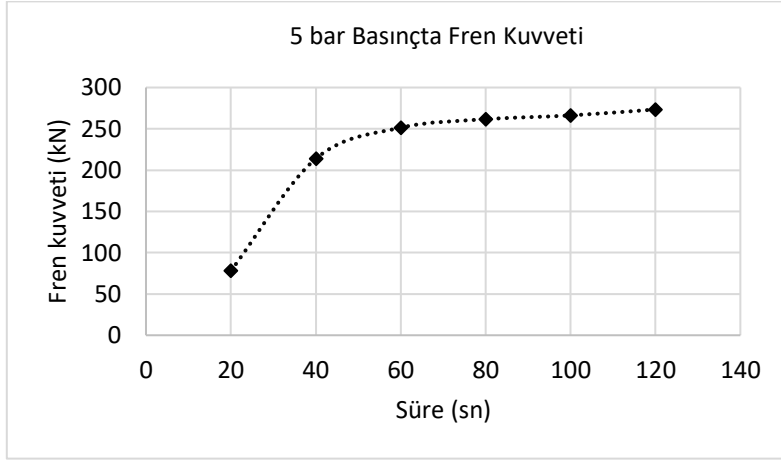
4 bar basınçtaki frenleme kuvveti değerleri Şekil 3.' de gösterilmiştir. 120. saniyeye kadar fren kuvveti değerlerinde artış meydana gelmiştir. 4 bar için yapılan deneyde maksimum fren kuvveti değeri 120. saniyede elde edilmiştir. 4 bar basınçta fren kuvveti ortalama 132 kN olmuştur.



Şekil 3. 4 bar basınçta fren kuvveti değerleri

### 5 Bar Basıncıta Fren Kuvveti Ölçümü

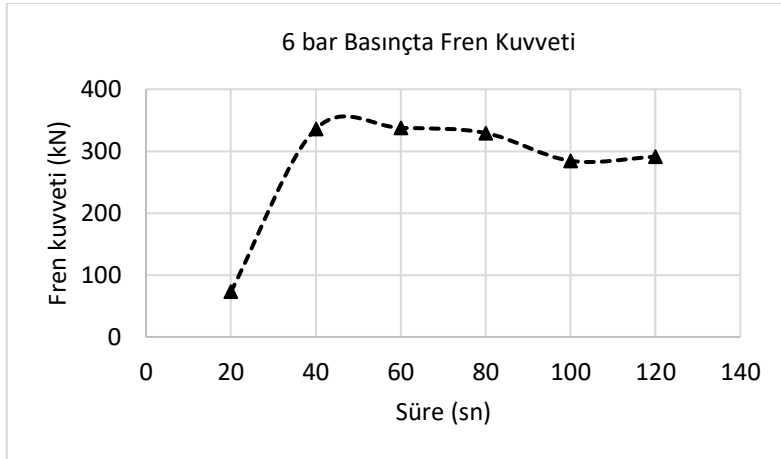
5 bar basınçtaki frenleme kuvveti değerleri Şekil 4.' de gösterilmiştir. 4 bar fren basıncında olduğu gibi 120. saniyeye kadar fren kuvveti değerlerinde artış meydana gelmiştir. 5 bar için yapılan deneyde maksimum fren kuvveti değeri 120. saniyede elde edilmiştir. 5 bar basınçta fren kuvveti ortalama 214 kN olmuştur.



Şekil 4. 5 bar basınçta fren kuvveti değerleri

### 6 Bar Basınçta Fren Kuvveti Ölçümü

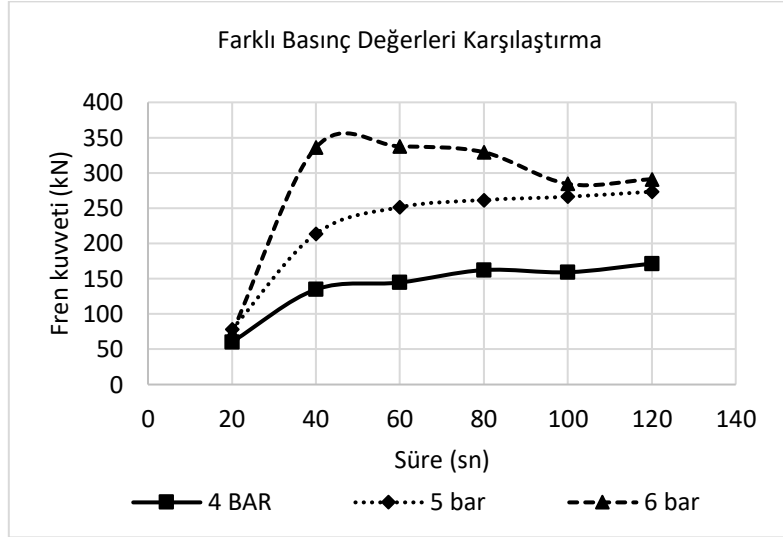
6 bar basınçtaki frenleme kuvveti değerleri Şekil 5.' de gösterilmiştir. 6 bar için yapılan deneyde maksimum fren kuvveti değeri 60. saniyede elde edilmiştir. 60. Saniyeden sonra fren kuvveti değerlerinde azalma meydana gelmiştir. 6 bar basınçta fren kuvveti ortalama 272 kN olmuştur.



Şekil 5. 6 bar basınçta fren kuvveti değerleri

### Farklı Basınç Değerleri İçin Fren Kuvveti Karşılaştırmaları

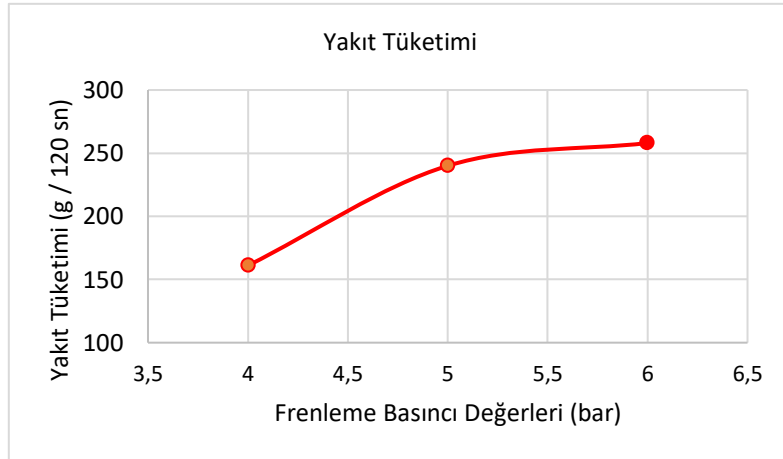
Farklı fren basınçlarındaki frenleme kuvveti değerleri Şekil 6.' da gösterilmiştir. Fren kuvvetleri için karşılaştırma yapıldığında sırası ile 4,5 ve 6 bar fren basınçlarına doğru fren kuvveti değerlerinde artış meydana gelmiştir. 4 ve 5 bar fren basınçlarında 120. saniyeye kadar artış meydana gelmekte iken 6 bar fren basıncında 60. saniyeye kadar fren kuvveti değerlerinde artış meydana gelmiş 60. saniyeden sonra ise fren kuvvetleri azalmaya başlamıştır.



Şekil 6. Farklı basınç değerlerinde fren kuvveti karşılaştırmaları

### Yakıt Tüketimi Karşılaştırmaları

Farklı fren basınçlarındaki yakıt tüketimi değerleri Şekil 7.' de gösterilmiştir. Yakıt tüketimi değerleri fren kuvveti değerleri karşılaştırmasına benzer olarak sırası ile 4,5 ve 6 bara doğru artış göstermiştir. Frenleme basıncının artması ile fren kuvvetleri artmakta ve bu artışa bağlı olarak motorun hareketine karşı oluşan kuvvet yakıt tüketimi de artırmaktadır.



Şekil 7. Farklı basınç değerlerinde yakıt tüketimi karşılaştırması

### SONUÇ

Frenleme esnasında fren pedalına uygulanan kuvvet ne kadar artarsa fren kuvveti de o kadar fazlaşmaktadır. Yapılan çalışmada merkez silindirindeki fren basıncı değerlerinin yükselmesi için fren pedalına uygulanan kuvvet artırılmıştır. 4 ve 5 barlık frenleme durumlarında fren kuvvetleri 120. saniyeye kadar artış göstermekte iken 6 barlık frenleme durumunda fren kuvveti 60. saniyede maksimum değerdedir ve 120. saniyeye kadar azalma eğilimi göstermiştir. Fren balatalarına uygulanan basıncın artması ile balata disk sürtünme çifti arasında sıcaklık değerleri yükselmekte sıcaklık etkisinin artışı ile balata-disk arasında sürtünme katsayısının azalmasına bağlı olarak frenlemede bir miktar etkinlik kaybı meydana gelmektedir.

Değişik basınç durumları için karşılaştırma yapıldığında 6 barlık frenleme basıncında 4 bara göre %105, 5 bara göre ise %26 oranında fren kuvvetinde artış meydana gelmiştir. 5 barlık frenleme basıncında ise 4 barlık frenleme basıncına göre fren kuvveti %62 daha yüksektir. 5 barın altındaki fren basınçlarında fren kuvveti değerlerinin oldukça düşük değerlerde olduğu belirlenmiştir.

Yakıt tüketimi açısından karşılaştırma yapıldığında 6 barlık frenleme basıncında 4 bara göre %60, 5 bara göre ise %8 daha fazla yakıt tüketimi meydana gelmiştir. 5 barlık fren basıncında 4 barlık fren basıncına göre %49 daha fazla yakıt tüketimi meydana gelmiştir. Yakıt tüketimi artışı fren basıncı artışı ile doğru orantılı olup frenleme basıncı arttıkça artmaktadır. Artan fren basıncı ile fren kuvveti artmakta ve motor devri azalmaya başlamaktadır. Motor devrini 3000 d/dak dengelemek için elektronik kontrol ünitesi tarafından yakıt sistemine daha fazla yakıt gönderildiği için yakıt tüketiminde artış meydana gelmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi 18.Kariyer.58 numaralı BAP projesi tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Barkenbus NJ2010. Eco-driving: an overlooked climate change initiative. Energy policy, 38: 762-769.
- Bayrakçeken H, Aysal FE, Mutlu İ2016. Fren süspansiyon test cihazı tasarımı ve imalatı. AKU J. Sci. Eng, 16: 025903: 454-460.
- Bayrakçeken H, Girgin Z, Aysal FE, Babagiray M2019. Nonlineer iteratif regresyon analizi kullanılarak düşük lastik şişirme basıncının yunuslama kuvvetine etkisinin incelenmesi. AKU J. Sci. Eng., 19, 027101. 490-495.
- Coloma FJ, Garcia M, Wang, Y2018. Eco-driving effects depending on the travelled road. Correlation between fuel consumption parameters. Transportation research procedia, 33: 259-266.
- Dang R, Zhang F, Takae Y, Chu W, Li K2013. Braking characteristics of chinese driver in highway and urban road. 7th IFAC Symposium on Advances in Automotive Control The International Federation of Automatic Control September 4-7, 2013. Tokyo, Japan, pp. 322-327.
- Denimal E, Nacivet S, Nechak L, Sinou JJ2017. On the influence of multiple contact conditions on brake squeal. Procedia Engineering, 199: 3260-3265.
- Han J, Vahidi A, Sciarretta A2019. Fundamentals of energy efficient driving for combustion engine and electric vehicles: an optimal control perspective. Automotica, 103: 558-572.
- Ho S-H, Wong YD, Chang VWC2015. What can eco-driving do for sustainable road transport? Perspectives from a city (Singapore) eco-driving programme. Sustainable cities and society, 14: 82-88.
- Huang Y, Ng ECY, Zhou JL, Surawski NC, Chan EFC, Hong G2018. Eco-driving technology for sustainable road transport: a review. Renewable and sustainable energy reviews, 93: 596-609.
- Lois D, Wang Y, Alessandra BM, Monzon A2019. Multivariate analysis of fuel consumption related to eco-driving: interaction of driving patterns and external factors. Transportation research part, 72: 232-242.
- Pawar NM, Khanuja RK, Choudhary P, Velaga RN2020. Modelling braking behaviour and accident probability of drivers under increasing time pressure conditions. Accident Analysis and Prevention 136: 105401.
- Straky H, Kochem M, Schmitt J, Isermann R2003. Influences of braking system faults on vehicle dynamics. Control Engineering Practice, 11: 337-343.
- Surblys V, Sokolovskij E2016. Research of the vehicle brake testing efficiency. Procedia Engineering, 134: 452-458.
- Toledo G, Shifan Y2016. Can feedback from in-vehicle data recorders improve driver behavior and reduce fuel consumption? Transportation research part A, 94: 194-204.

## Dizel motor enjektörlerinde titanyum nitrür kaplamanın deneysel olarak incelenmesi

Hüseyin Bayrakçeken<sup>1</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1572-4859>), Recai Kuş<sup>2</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7705-7924>), Seyit Aytekin<sup>1</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7739-3709>),  
Hicri Yavuz<sup>3\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8427-5164>), Faruk Emre Aysal<sup>1</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9514-1425>)

<sup>1</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği, Afyonkarahisar, Türkiye

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği, Konya, Türkiye

<sup>3\*</sup>Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon Meslek Yüksek Okulu, Raylı Sistemler Yol Teknolojisi, Afyonkarahisar, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [hicriyavuz@aku.edu.tr](mailto:hicriyavuz@aku.edu.tr)

### Özet

Dizel motorları güç performans gibi faktörler göz önüne alındığında Benzin ve LPG ile çalışan motorlara göre üstünlük göstermektedir. Egzoz emisyonları gibi olumsuzluklar dizel motorların günlük hayatta yoğun kullanımını azaltmakla birlikte jeneratör, gemi, su motoru, iş makineleri ve savunma sanayii gibi alanlarda yoğun olarak kullanımları devam etmektedir. Yakıt deposu, yakıt pompası ve enjektörler dizel motoru yakıt sistemlerinin ana elemanlarını oluşturmaktadır. Yakıt sisteminin en önemli elemanlarından olan enjektörler yakıt pompasından gelen yüksek basınçlı yakıtı pülverize halde silindir içerisine püskürtmektedir. Dizel motorlarında tüm yakıt sistemlerinde olduğu gibi enjektörler oldukça hassas bir şekilde işlenmektedir. Kullanılan yakıt sistemi özelliğine göre enjektörlerin kullanım ömürleri değişmektedir.

Bu çalışmada değişen basınç ve sıcaklık altında TiN (Titanyum Nitrür) kaplama malzemesinin enjektör çalışmasına olan etkilerin incelenmiştir. Yapılan deneylerde standart dizel enjektörünün miline TiN kaplama yapılmıştır. Kaplama öncesinde, enjektör numunesi 0,003–0,016 mm arasında değişen çaplarda taşlanmıştır. TiN kaplama işlemi PVD ark yöntemi ile çapta 8 µm kalınlık elde edilecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Kaplama yapılan gövde mili ile orijinal mil karşılaştırılmıştır. Farklı basınç, sıcaklık ve tetikleme palsleri uygulanarak enjektörler sürekli olarak püskürtme testine tabi tutulmuştur. Testler sonucunda TiN kaplama yapılan milin orijinal enjektör katalog değerlerini sağladığı, püskürtme miktarlarının ± toleransı aralığında olduğu ve kaplamanın enjektörlerde kullanılmasına uygun olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Mil Kaplama, Dizel Enjektör, Püskürtme, TiN(Titanyum Nitrür)

### Experimental investigation of titanium nitride coating in diesel engine injectors

#### Abstract

Considering factors such as power performance, diesel engines show superiority over gasoline and LPG engines. Although the negative effects such as exhaust emissions reduce the intensive use of diesel engines in daily life, their intensive use continues in areas such as generator, ship, water engine, construction equipment and defense industry. Fuel tank, fuel pump and injectors constitute the main components of diesel engine fuel systems. Injectors, one of the most important elements of the fuel system, spray the high pressure fuel coming from the fuel pump into the cylinder in pulverized form. As with all fuel systems in diesel engines, injectors are processed very precisely. The lifetime of the injectors varies according to the fuel system used.

In this study, the effects of TiN (Titanium Nitride) coating material on injector operation under varying pressure and temperature were investigated. In the experiments, TiN coating was applied to the shaft of the standard diesel injector. Before coating, the injector sample was ground to diameters varying between 0.003-0.016 mm. TiN coating process was carried out by PVD arc method to obtain a diameter of 8 µm. The coated body shaft is compared with the original shaft. Injectors were subjected to a continuous spray test by applying different pressure, temperature and trigger pulses. As a result of the tests, it was determined that the shaft with TiN coating provided the original injector catalog values, the spraying amounts were in the ± tolerance range and the coating was suitable for use in injectors.

**Keywords:** Shaft Coating, Diesel Injector, Spraying, TiN (Titanium Nitride)



## GİRİŞ

Common Rail dizel motorlardaki yakıt basıncı 500-2500 bar basınç aralığında çalışmaktadır. Hızlı tetikleme tepkisi, ani basınç değişimleri ve sıcaklık etkisi altında çalışmaktadır. Yakıt sistemi motordan elde edilen gücü karşılayabilmesi için ms (milisaniye) süre içerisinde birkaç kez püskürtme yapabilmektedir. Yüksek basınç ve sıcaklık; hareketli çalışan enjektör parçaları ve yakıt pompası elemanlarında aşındırıcı etki oluşturmaktadır. Basınç değişimleri ve sıvı yakıtın temas ettiği yüzeylerde oluşturduğu mikron düzey hava kabarcıkları korozif etki ortaya çıkartarak metal yüzeylerde aşınmaya neden olmaktadır. Aşınan yüzeylerin korunması, servis ömrünün uzatılması ve dekoratif görüntü elde etmek için otomotiv endüstrisinde de sıklıkla kullanılan kaplama malzemeleri kullanılmaktadır. Kaplanan yüzeylerde doygun yüzey pürüzlülüğü, minimum kılcal çatlaklar, aşınmaya ve korozyona dirençli yüzeyler ve mikron düzey kaplama kalitesi elde edilmektedir.

Çok delikli bir dizel enjektörün motorlarda düzgün olmayan yakıt dağıtımı ve yanma, emisyon bozukluğu araştırılmıştır. Yakıt enjeksiyon miktarı bakımından delikler arasında yaklaşık %1 tutarsızlık elde edilmiştir. Alt katmandaki meme deliklerinin (4 delik) yakıt enjeksiyon miktarlarının, üst katmandaki meme deliklerinin (4 delik) yakıt enjeksiyon miktarlarından %5-15 daha büyük olduğu belirlenmiştir. Bu durumun, nozul deliklerinin karşılaştığı farklı akış direnci değerlerine bağlı olduğu belirlenmiştir (Jiang, 2018).

Taşlama işleminde yüzey kalitesini etkileyen en önemli unsurun, taşlanan yüzeyin kalitesi ve taşlama taşının kabiliyeti olduğu belirlenmiştir. Taşlanacak yüzeyin kullanım alanı göz önünde bulundurularak taşlama taşı belirlenmelidir. Yüksek yapışma oranı, tanecik büyüklüğü ve parça tepkisi aşınmayı ve yüzey kalitesini etkileyen etkenlerdir (Yin 2018).

Sertlik değerleri 40, 43, 52, 57 ve 62 HRC olan farklı numuneler krom kaplanarak malzeme yorulma ömürleri araştırılmıştır. Tüm numuneler 20 Hz frekansta, 7,5 kN gerilme yükünde (R:0,1) numune testleri yapılmış ve çatlak başlangıcını ve çatlak yayılmasını kaydetmek için belirli sayıda döngüden sonra optik mikroskop altında gözlemlenmiştir. Düşük sertlik değerinde kromun etkisiz olduğunu, ancak komponent sertliğinin 62 HRC olduğu takdirde yorulma ömrünün %62 oranında arttığı belirlenmiştir (Anjum, 2018).

İyi bir taşlama için malzeme yüzeyindeki ısı artışının önemi vurgulanmıştır. Taşlama esnasında yüzeyde sıcaklık 600 °C'yi aştığında yüzeyde yanma olduğu görülmüştür. Taşlamada yanma meydana gelmesinin nedeni, kesme sıcaklığının yükselmesinin, yüzey oksidasyonunun ve demir dışı oksitlerin birikmesinin alevlenmeye neden olduğunu belirlemişlerdir. Sıcaklık sürekli olarak 802 °C'ye yükseldiğinde, taşlama kılcal çatlakları görünür hale geldiğini ve termal çatlaklar gözlemlendiği tespit edilmiştir (Wang, 2018).

Mukavemetli kaplama türü olan ALTİN kaplama hakkında yapılan araştırmada, ark iyon kaplama (AIP) ile ALTİN kaplamaları (s-ALTİN) ve (c-ALTİN) numunesi kullanılmıştır. İki farklı kaplamanın kimyasal bileşimi, mikro yapısı, sertlik ve yıpranma özellikleri taramalı elektron mikroskobu ve taramalı elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Sonuç olarak, s-ALTİN kaplamanın c-ALTİN kaplamasının tipik kolon yapısı yerine daha pürüzsüz bir kaplama yüzeyi ve daha yoğun bir mikro yapı sergilediğini belirlenmiştir. Dahası, s-ALTİN kaplama, geleneksel AIP ile üretilen c-ALTİN kaplamasına kıyasla daha yüksek bir sertlik, daha düşük bir sürtünme katsayısı ve daha iyi aşınma direnci sergilediği belirlenmiştir (Jun Xiao, 2017).

Bu çalışmada değişen yük basıncı ve sıcaklık altında TiN(Titanyum Nitrür) kaplama malzemesinin enjektör çalışmasına olan etkilerin incelenmiştir. Yapılan deneylerde standart dizel enjektörünün miline TiN kaplama yapılmıştır. Kaplama öncesinde, enjektör numunesi 0,003–0,016 mm arasında değişen çaplarda taşlanmıştır. TiN kaplama işlemi PVD ark yöntemi ile çapta 8 µm kalınlık elde edilecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Kaplama yapılan gövde mili ile orijinal mil karşılaştırılmıştır. Farklı basınç, sıcaklık ve tetikleme palsleri uygulanarak enjektörler sürekli olarak püskürtme testine tabi tutulmuştur. Testler sonucunda TiN kaplama yapılan milin orijinal enjektör katalog değerlerini sağladığı, püskürtme miktarlarının ± toleransı aralığında olduğu ve kaplamanın enjektörlerde kullanılmasına uygun olduğu tespit edilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

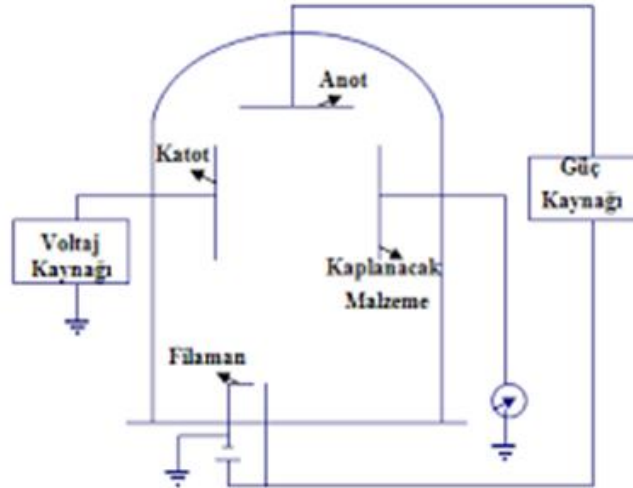
Bu çalışmada Bosch marka Common Rail yüksek basınç sistemi ile çalışan enjektörler tercih edilmiştir. Enjektörler elektromanyetik tetiklemeli 300-2500 bar basınç aralığında çalışabilen 6 adet nozzle çıkışı ve girdap akım püskürtme (kademeli delikli) şekline sahip ticari karayolu taşıtlarında, güç üreten jeneratör grubunda, deniz yolu taşıtlarında tahrik amaçlı kullanıma uygun motor tiplerinde kullanılacak özelliktedir (Tablo2.1).

Enjektör içerisinde bulunan gövde millerine önce farklı ölçülerde taşlama işlemi yapılmıştır. Taşlama işleminden sonra gövde mili üzerine TiN kaplama yapılmıştır. Kaplama öncesi enjektör gövde milleri silindirik taşlama tezgâhı ile 0,003-0.013 mm ölçüsünde taşlanma işlemi yapılmıştır. Yüzeyler aynı şartlar altında ve aynı taşlama taşı kullanılarak taşlanmıştır. Yüzey taşlama, iş parçası üzerinde malzeme aşınmasını hızlandırılmış aşınma ile yapan aşındırıcı işleme tekniklerinde en yaygın işlemlerden biridir (Amini, 2019). Taşlama tezgâhı su soğutmalı 0,001 mm paso verilerek, taşlama çapı Ø 100-300 mm aralığında, iş mili devri 300-350 d/d hızında işlem yapılmıştır. Taş ölçüleri max. 3340 rpm, 35 m/s ilerleme, 200 x 20 x 31 ve 75 kum tanecik kalınlığına sahiptir.

**Tablo Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..1** Kullanılan Enjektörlerin Teknik Özellikleri.

Enjektör Özellikleri	
Kullanılan motor tipleri	Cummins Tipi Motorlar
Motor Standardı	Euro 3-5 normları arası
Supap sayısı	24 valf motor tipleri
Sıkıştırma oranı	17,0-17,6 /1 motor tipleri
Yakıt sistemi	Common Rail yüksek basınçlı
Silindir sayısı	6 silindirli sıra tipi motorlar
Motor gücü	300-400 kW arasında güç üreten
Silindir hacmi	7,3 – 9,0 lt.
Enjektör model no	0445 120 025
Net ağırlık	600 gr/adet
Kullanıldığı motor tipleri	KA/MA/-Z 11T-S
Valf seti	F00RJ02454
Fiber takımı	F00RJ02176

Enjektör mili gövdesine TiN kaplama işlemi PVD ark (Fiziksel Buharlaştırma Yöntemi) ile yapılmıştır (Şekil 2.1). Kaplama kalınlığını, gövde millerinin PVD ark fırını içerisinde kalma süresine ve kaplama malzemesi yüzeyinde tortu oluşumu miktarına göre ayarlanmıştır. Fırın içerisinde buhar fazına geçmiş olan kaplama malzemesi zamanla doyumluk seviyesine ulaşmıştır.



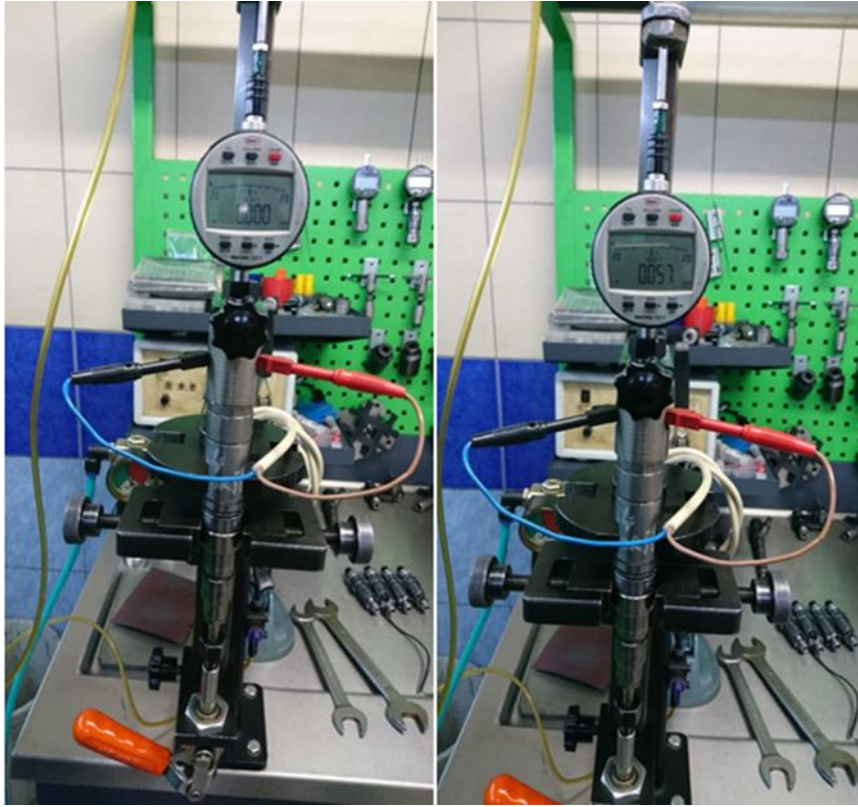
**Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..1** PVD ark uygulama şeması

Taşlama ve yüzey bitirme işlemi yapılan gövde milleri gerekli katalog değerlerine göre montajı yapılmıştır (Şekil 2.2). Valf seti ve enjektör bobin yayı arasındaki boşluk 1. kademe ayarıdır ve 55 N/m tork ile sıkılmıştır. Enjektör bobini ve valf seti arasındaki boşluk değeri 2. kademe ölçüsü 25 N/m ile sıkma işlemi yapılmıştır. Bobin ile valf seti arasındaki armatür hava boşluk değeri 0,057 mm olarak ayarlanmıştır. Montajı yapılan enjektörler 160 Mpa basınçta püskürtmeye başladığı görülmüştür.



**Şekil Hata!** Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..2 Bosch marka enjektör ve parçaları

Enjektör parçalarının birleştirilmesinden sonra orijinal boşluk değerlerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Bobin ile armatür arasındaki hava boşluk değeri, enjektörün açma (BAR) basıncını etkilemektedir (Şekil 2.3).



**Şekil Hata!** Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..3 CRI 330 cihazı ile armatür strok ölçümü



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..4 El pompası ile enjektör basınç kontrolü

Standart ölçü değerlerine sahip enjektörler el pompası testi yapıldığında 160 Mpa basınçta püskürtmeye başlaması gerekmektedir. Bu testin amacı enjektör içerisine takılan tamir takım setinin yakıt sızdırmazlığından emin olmak ve enjektör parçalarının tetikleme püskürtme başlangıcında bobin komutu ile uyumlu çalışıp çalışmadığını test etmektir. Sızdırmazlık özelliğini koruyamayan enjektörler yüksek basınçta püskürtme yapacak, çalışma testi sırasında marş basıncı değerini karşılayamadığı için yetersiz yakıt miktarı olarak yorumlanacaktır. Şekil 2.4’de görülen enjektörler test cihazında revizyon aşamasından çıkan enjektörde yakıt kaçağı, tetikleme basınç kontrolü, püskürtme şekli ve atomizasyon kontrolü yapılmıştır. Püskürtme basıncı yapılan testte 150-165 MPA aralığında püskürtme olduğu görülmüştür.

Montajı tamamlanan enjektörler tezgâh üzerinde gerçek çalışma koşulları oluşturularak püskürtme değerleri test edilmiştir (Şekil 2.5). Enjektörlerin katalog değerine göre testler oluşturulmuştur. Komtest CRI enjektör test cihazı günümüz taşıtlarında kullanım koşullarına uygun basınç, sıcaklık ve enjektör tetikleme palsi değerleri oluşturularak test yapmaktadır. Ülkemiz trafik hızı koşulları dikkate alınarak 110 km hız ile ilerleyen bir taşıtın gaz tepkimelerine göre enjektör testleri yapılmış ve yakıt değerleri değişkenlik gösterecek şekilde basınç değişimleri uygulanmıştır. Enjektörlerin 10.000 km gittiği varsayılarak, marş anı yakıt doldurma, hızlanma, sabit hız, gaz kesme, rölanti ve yakıt geri dönüş miktarı ölçümleri yapılmıştır. Her bir enjektörün test süresi 90 saat olacak şekilde sürekli çevrim oluşturularak test edilmiştir.



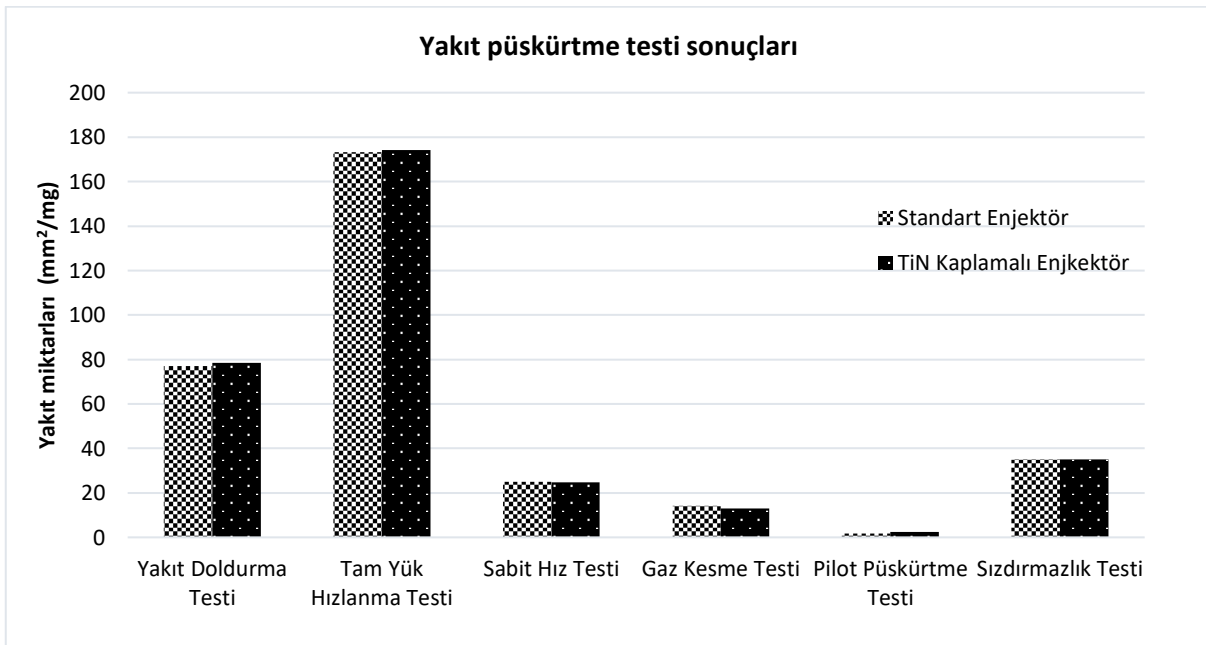
Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..5 Enjektör çalışma testinin yapılması

## BULGULAR

Montajı tamamlanan enjektörler tezgâh üzerinde gerçek çalışma koşulları oluşturularak püskürtme değerleri test edilmiştir. Testler; Komtest CRI enjektör test cihazında yapılmıştır. Kaplama yapılan enjektörlerin yakıt dağıtımını  $\text{mm}^2/\text{mg}$  cinsinden ölçümlenmiştir. Elde edilen yakıt püskürtme değerleri 0,0-6,0  $\text{mm}^2/\text{mg}$  arasında katalog değerine göre değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Tam yük testi taşıtın devir ve yakıt basıncının yükseltilip enjektörün yüksek miktarda püskürtme yaptığı konumdur. Standart enjektör katalog değerleri kıyaslandığında olması gereken yakıt püskürtme değeri 170,7  $\text{mm}^2/\text{mg}$  yakıt geri dönüş miktarı 40,0  $\text{mm}^2/\text{mg}$  değeri elde edilmelidir. Standart özellikteki enjektör 173,2  $\text{mm}^2/\text{mg}$  püskürtme ve 31,1  $\text{mm}^2/\text{mg}$  geri dönüş değeri elde edilmiştir. TİN kaplama yapılmış enjektörde 3,5  $\text{mm}^2/\text{mg}$  yakıt artışı, yakıt geri dönüşünde 6,0  $\text{mm}^2/\text{mg}$  düşüş olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.1). Yakıt miktarlarında ki artışın nedeni, 2. kademe ayarı olan armatür strok ayarı ve kaplamanın valf yüzeyine tutunmasıdır. Yani bobin ve enjektör gövdesi hava boşluk ayarıdır.

Sabit hız testi taşıtın sürekli aynı devir aralığında yol aldığı test aşamasıdır. Yakıt dağıtımını homojen, yakıt sıcaklığı sabit sıcaklık etkisinde ve basıncın dengede olduğu durumdur. Standart enjektör yakıt miktarı bu test de 31,9  $\text{mm}^2/\text{cc}$ , yakıt geri dönüşü 0,0  $\text{mm}^2/\text{cc}$  değerini vermelidir. Kaplama yapılmamış enjektör yakıt değeri standarda göre 6,8  $\text{mm}^2/\text{cc}$  düşük, geri dönüş değeri 0,0  $\text{mm}^2/\text{cc}$  katalog değeriyle aynı miktarı vermiştir. Standart enjektörün katalog değerini tutmamasının nedeni, hava şartlarının, ortam sıcaklığının, pompa yakıt basma veriminin, yakıt sıcaklığı değişiminin vb. etkenlerin reel ölçümlerde değişim göstermesindedir. TİN kaplı enjektörün yakıt miktarında 7,1  $\text{mm}^2/\text{cc}$  yakıt düşüşü olduğu ve geri dönüş miktarının standartla aynı olduğu görülmüştür (Şekil 3.1). Geri dönüş değerlerinin bütün enjektörlerde eşit olması kaplama yüzeyi ve valfin eşit yakıt eşliğinde çalıştığı anlamına gelmektedir. Ana yakıt püskürtme miktarlarındaki değişim 3. kademe ayarı olan enjektör memesinin açma basınç ölçüsünün enjektörlerde 0,001 mm düzeyindeki değişen ayar puluna bağlı olduğu belirlenmiştir. Enjektör püskürtme basıncı bütün memelerde eşit olması için bu ayar yapılmıştır.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı..6 Yakıt Püskürtme Testi Sonuçları

Gaz kesme testi belirli bir hızda ve devirde giden bir taşıtın gaz pedalının aniden bırakılması durumunda enjektörün yakıt püskürtme durumu incelenmiştir. Test cihazında ani yakıt kesme durumu oluşturulmuştur. Enjektörlerde yakıt minimum düzeye düşürülerek motor freni denilen durum gerçekleşmesi sağlanmıştır. Standart ölçü katalog değeri 16,5  $\text{mm}^2/\text{cc}$  yakıt püskürtme miktarı ve 0,0  $\text{mm}^2/\text{cc}$  yakıt geri dönüş değerini vermelidir. Standart enjektör test sırasında 14,3  $\text{mm}^2/\text{cc}$  ana yakıt ve 0,0  $\text{mm}^2/\text{cc}$  yakıt geri dönüş değeri elde edilmiştir. Standart enjektör ölçüsündeki ana yakıt değişiminin nedeni 4. kademe ayarı olan enjektör memesi ve gövde mili arasındaki yay baskı kuvvetinin revizyon sırasında 0,002 mm düşük ayar yapılmasındandır. TİN

kaplı enjektör 003,1 mm<sup>2</sup>/cc düşük ana yakıt ve 0,0 mm<sup>2</sup>/cc yakıt geri dönüşü ölçülmüştür. Yakıt geri dönüşleri eşit çıkması bu test için kritik eşik değeridir. Ana yakıt miktarları tolerans değer içerisinde yer almaktadır. Gaz kesme, yakıt miktarının minimum düzeye indirildiği durumdur. Yakıt kesme testinde enjektör püskürtme miktarı ani düşüşlerden korunmuştur.

Pilot püskürtme testinde, tezgâh ana püskürtmeden önce birkaç milisaniye içerisinde ön püskürtme yapmıştır. Pilot püskürtme dizel taşıtlarda marş yapılırken taşıtı çalıştırma kolaylığı sağlanmasında, taşıt çalışma koşulları için dizel gürültüsünün azaltılması ve ana enjeksiyon tutuşma sıcaklığı süresinin kısaltılmasına bağlı yanma veriminin iyileştirilmesi gibi görevi vardır. Ayrıca kirletici emisyon salınımlarının azaltılması, verimli bir yanma için alev çekirdeği oluşumunu sağlayan püskürtme safhasıdır. Yanma sıcaklığına erişmiş dizel yakıtı maksimum basıncının önce artış gösterdiğinin daha sonra sıcaklık artışı ile birlikte parlama basıncının azaldığı belirlenmiştir (YueLi, WeiGao 2018). Pilot püskürtme testinde standart enjektör katalog değeri 3,0 mm<sup>2</sup>/mg ana yakıt püskürtmesi ve 0,0 mm<sup>2</sup>/cc geri dönüş değeri elde edilmelidir. Standart enjektör değeri test aşamasında 1,6 mm<sup>2</sup>/cc yakıt püskürtme 0,0 mm<sup>2</sup>/cc geri dönüş değeri vermiştir. Elde edilen test değeri katalog değerine göre düşük ölçülmüştür. Bu durum gövde mili meme yayı arasındaki şim boşluğu ve meme basınç ayar boşluğundaki mesafeden ve kaplamanın yüzey alıştırma durumundan kaynaklanmaktadır. Ana püskürtme değerinin düşmemesi için ayar pulu 0,002 mm arttırılmıştır. TiN kaplı enjektör 0,5 mm<sup>2</sup>/cc düşük ölçülmüş ve geri dönüş değeri 0,0 mm<sup>2</sup>/cc değeri ile standart değer elde edilmiştir. Pilot püskürtme değerinde ki düşüş olması gereken değerden düşük çıkmıştır. Bunun nedeni olarak valf setinin, sızdırmazlık setinin sıfır takılması ve kaplama malzemesinin yüzey uyumundan kaynaklı değişimdir.

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışmada seçilen enjektör çeşidi kamyon, tır, jeneratör, iş makineleri, güç gerektiren sanayi tipi motorlarda ve Cummins motor tipinde sıkça kullanılan enjektör çeşididir. Enjektör içerisinde valf seti parçalarından biri olan gövde mili üzerine TiN kaplaması yapılarak standart enjektöre göre yakıt püskürtme miktarı değişimleri ve gövde mili yüzeyindeki aşınma kontrol edilmiştir.

Enjektörlere farklı devir, basınç ve tetikleme parametreleri uygulanarak çevrim halinde sürekli ölçüm yapılmıştır. En düşük devir 900 d/d en yüksek devir 3000 d/d, en düşük basınç 250 bar, en yüksek basınç 1400 bar ve en düşük enjektör tetikleme 160 ms, en yüksek 1000 ms aralığında değişen yükler uygulanmıştır.

TiN kaplama işlemi PVD ark yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Mil yüzeylerindeki yapışmanın homojen olması ve valf hassasiyeti bilindiği için minimum kaplama kalınlığı çapta 8 µm olacak şekilde uygulanmıştır. Mil yüzey pürüzlülüğü test sonrası TiN kaplı milde Ra: 0,126 µm, Rz: 0,765 µm olarak ölçüm yapılmıştır. Kaplama sonrası TiN kaplama sarı renkli olarak elde edilmiştir. Kaplama yapılan milin yüzeyinde test sonrasında yüzey hasarı oluşmadığı görülmüştür.

Sonuç itibari ile kaplama yapılan yüzeyler enjektör çalışma eşik değerlerinde olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Standart enjektör katalog yakıt değerlerine çok yakın püskürtme miktarı elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan enjektörler (±) sapma toleransı değerleri içerisinde olduğu görülmüştür. Motor gücündeki düşüşün, enjektör gövde mili çap toleransı değerinin dışına çıktığında oluşacağı belirlenmiştir. Kaplama yapılan enjektörler de standart enjektöre göre aynı yük ve devir aralığında tam yük testi dışında bütün testlerde yakıt miktarlarında 0,1–3,0 mm<sup>2</sup>/mg yakıt düşüşü görülmüştür. Yakıt düşüşü maliyette verimlilik ve yedek parçada ömür eğrisinin artması anlamına gelmektedir. Dizel taşıtlarda, görevi atık kurum parçaları ve partikül maddeleri yakalamak olan dizel partikül filtresinin ve koruyucu sistemlerin daha uzun süre egzoz akışını bozmadan çalışmasını sağlayabilecektir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesi 17.FenBil.77 numaralı BAP projesi tarafından desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alisaraei AT2018. Fault detection of injectors in diesel engines using vibration time-frequency analysis, Applied Acoustics, Volume 143, 02.09.2018, pp 48-58.
- Amini S2019. International Journal of Lightweight Materials and Manufacture, Volume 2, Issue 4, Aralık 2019, Sayfa 330-337.
- Anjum Z2018. Effect of chrome plating and varying hardness on the fretting fatigue life of AISI D2 components, Wear, Available online 3 December 2018.

- Guffie R.K1989. Hard Chromium Plating, Products Finishing, pp 70-78.
- Jiang S2018. Measurement and validation of hole-to-hole fuel injection rate from a diesel injector. Flow Measurement and Instrumentation, Volume 61, June 2018, pp 66-78.
- Krell A.K2013. Cavitation erosion resistance of Ti/TiN multilayer coatings, Surface and Coatings Technology, Volume 228, 15 August 2013, pp 115-123.
- Maroo S, Chandramohan P2019. Chemical dissolution of iron substituted chromium oxide by dissolved ozone, Progress in Nuclear Energy, Volume 120.
- Mattox DM.2018. Chapter 8 - Condensation, Nucleation, Interface Formation, and Film Growth, The Foundations of Vacuum Coating Technology, (Second Edition). 23rd August 2018, pp 221-240.
- Wang J2018. Influence of grinding parameters on surface temperature and burn behaviors of grinding rail, Tribology International, Volume 122, June 2018, pp 151-162.
- Xiao BJ2017. Microstructure, mechanical properties and cutting performance of AlTiN coatings prepared via arc ion plating using the arc splitting technique, Surface and Coatings Technology, Volume 311, 15 February 2017, pp 98-103
- Yin S2018. Online monitoring of surface roughness and grinding wheel wear when grinding Ti-6Al-4V titanium alloy using ANFIS-GPR hybrid algorithm and Taguchi analysis. Precision Engineering, In press, accepted manuscript, Available online 3 October 2018

## Life cycle assessment for biogas/biomethane production

S. Tuğçe Dağlıoğlu\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8431-0756>)

Ege University, Center for Environmental Problems Application and Research, Izmir, Turkey.

Corresponding author e-mail: [tugce.daglioglu@ege.edu.tr](mailto:tugce.daglioglu@ege.edu.tr)

### Abstract

Biogas is composed mainly of methane (CH<sub>4</sub>) and carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) produced from waste, residues, and energy crops through anaerobic digestion (AD). Biogas is a renewable energy sources which are promising both global and local environmental benefits. However; crucial environmental parameters such as land use, fertilizers, water usage and energy inputs should be taken consideration for biogas production.

The aim of this study is to provide a review of LCA methods on biogas/biomethane production. Life Cycle Assessment (LCA) is a methodology to estimate the environmental impacts and resources of a product or a process throughout its life cycle (from extraction of raw materials to product disposal at the end of use) and it is sometimes referred to as cradle-to-grave analysis. In recent years, LCA methodology has been studied and developed rapidly due to prevent environmental threats such as climate change.

Biogas LCA studies provides to assess the environmental impacts from biogas production, to determine energy and material requirements and emissions and to compare different scenarios . LCA can be a guide of biogas for engineers and policy makers. Therefore, different LCA methods which are compared according to type of feedstock and upgrading technologies and their environmental effects such as global warming potential, eutrophication and acidification are reviewed in this study.

**Keywords:** biomethane, biogas, life cycle assessment, environment

### INTRODUCTION

In parallel with the increasing environmental awareness, the use of natural resources and global environmental problems of all kinds of processes are increasingly considered factors in decision-making processes. Life Cycle Analysis is a technique that has been used more and more frequently in these complex decision-making processes since the early 90's and has been continuously developed. (Demirer, 2011).

Life Cycle Assessment (LCA) or Life Cycle Analysis is a method to conduct a cradle-to-grave analysis in order to assess and analyze the energy consumption and the environmental impacts coupled with all the phases of the life of a product from raw materials mining throughout the materials processing, manufacturing, supply, use, repair and maintenance, disposal, recycling and reuse. (Abdulsalanm et al. 2019). LCA is one of the most comprehensive and typical methods used for analyzing the environmental impacts of new technologies, techniques and products. LCA can be used as a mean for estimating the greenhouse gas (GHG) emissions of different processes within a production cycle (Hartmann, 2006).

On the other hand, energy consumption of the world is increasing approximately 2% per annum. However, fossil fuels have been depleting and consumed by humans faster than they could be replenished. Furthermore, the energy demand increases due to the population (Jury et al. 2010). Biogas production and research activities from organic wastes has drawn attention due to the concern on the depletion of fossil fuels and the environmental crisis such as global warming and climate change (Vega et al., 2014).

The use of biomass for energy is an alternative sustainable solution and widely applied. Biomass is a renewable and natural energy source which derived from living or dead organisms and organic materials that have chemical energy content. (Aziz et al., 2019). The anaerobic digestion (AD) of biomass is a sustainable technique to recycle livestock manure to produce gaseous fuel (biogas) and biofertilizer. To reduce the negative environmental impacts of livestock manure and sewage anaerobic digestion is an effective emissions abatement technique. Anaerobic digestion also provides considerable advantages such as to produce energy, to recycle efficiently, and to derive biofertilizer (Abdelsalam et al. 2019).

Biogas production is the most economical since the process uses the wastes such as the animal manure, agriculturaland municipal solid wastes and also waste water effluents. To recycle of organic wastes is also a crucial and effective environmental investment that can benefit community well-being and the environment. (Aziz et al. 2019).



In 2009, 13.1% of global energy was provided by biomass energy. In 2012, approximately 55 EJ were consumed from biomass supplied and 46EJ of this were used for heating. By the end of 2012, bioenergy capacity was approaching 83GW. The United States, Germany, Brazil and China had a substantial lead with production of 62 TWh/yr, 37 TWh/yr, 36 TWh/yr and 27 TWh/yr respectively. In Europe, biomass currently accounts for 2/3 of renewable energy and will play a key role in achieving the target approved by the renewable energy directive of 20% of final energy consumption based on renewable sources by 2020. (Florio et al. 2019, Hijazi et al. 2016). According to the Ministry of Energy, there are 85 biogas plants in Turkey and the installed power of these power plants operating in 45 cities in total is 358 megawatts (MW) in 2018 (Ministry of Energy).

Biogas production, which is seen as a solution among environmental and energy problems, should also be assessed in the frame of sustainability. In this study, LCA of the biogas production steps was investigated. The aim of this study was to focus on the environmental effects of biogas production stages and to try to observe the hot points in studies conducted in the world.

## **LCA OF BIOGAS**

European countries including Germany, Luxembourg, Belgium, Sweden, United Kingdom, Norway, Italy and Switzerland have carried out a lot of LCA studies. There are also LCA studies in Asian countries such as China, Thailand, Vietnam and Pakistan. Germany provides great contribution for the European biogas market and became the largest producer of biogas in the World (Aziz et al. 2019).

LCA has been standardized in ISO 14040/14044, the standard leaves methodological choices, e.g., for selecting the functional unit, system boundaries, background processes, or environmental impact assessment methods (Rehl and Müller , 2011). The cradle-to-gate approach basically includes the supplement of feedstock until the biogas production, while the cradle-to-grave covers until the biogas utilization phase. The main steps are followed in the LCA studies of biogas are ;

- (i) Goal and scope definition;
- (ii) Life cycle inventory; the life cycle inventory (LCI) includes the compilation and quantification of all inputs and outputs passing the system boundaries;
- (iii) Environmental impact assessment; Most of the studies which assessed the environmental performance of the biogas system focused on acidification, eutrophication, eco-toxicity, ozone depletion, fossil depletion and climate change, land use category.
- (iv) Interpretation; The last step is the interpretation of the results of the inventory and impact phases in relation to the objectives of the study (Hijazi et al. 2016).

The main objective of LCA for biogas energy systems is to exhibit the environmental impacts of producing and utilizing biogas as an energy source, (Hijazi et al.,2016). In the literature LCA studies have been conducted for different purposes such as comparing feedstock, identifying optimal mixture, updating emission data, comparing different scenarios (Morero et al. 2017).

There are biological processes and energy conversion steps in a biogas system. Several LCA studies have only focused on specific stages. It was seen that the LCA studies of biogas mainly focused on 3 different subjects. The system can be considered in three stages: Type of feedstock, digestate utilization and biogas utilization (Figure 1).

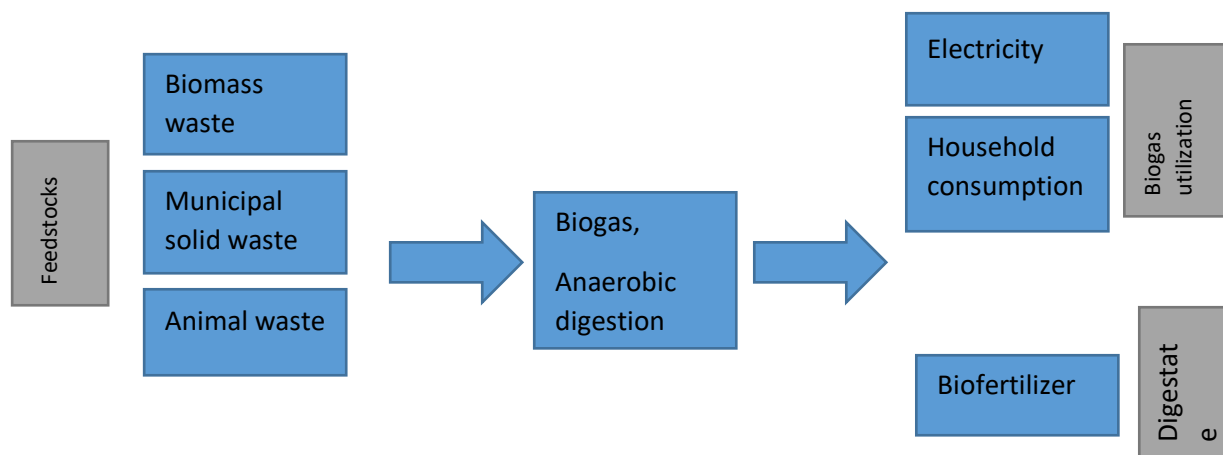


Figure 1. Bioenergy production from various sources of biomass (Aziz et al., 2019)

- **Types of feedstocks**

The main types of feedstock used in biogas production are agricultural products (e.g. harvest residues, energy crops and animal slurry), industrial wastes (e.g. sludge and remains of the food industry) and municipal organic wastes. The type of feedstock is a determining factor for the environmental impacts of biogas systems (Gonzalez-Garcia et al. 2013).

A wide variety of biomass sources are used in biogas plants in Europe and maize is the most used crop. In Germany, maize provides about 60% of the biogas energy (Aziz et al. 2019). Energy crops used for biogas production are maize, grass, clover grass, sudan grass, fodder beet., *etc.* The ecological effects of the use of agricultural products as feedstock are mainly due to energy inputs for fuel and artificial nitrogen fertilizer production, as well as greenhouse gas emissions from the soil. N<sub>2</sub>O emissions from agricultural production are one of the most important environmental pressures (Thyo and Wenzel, 2007). It is due to the direct nitrogen input in the form of mineral or organic fertilizers or indirectly from the improved biological nitrogen fixation. Phosphate fertilizers also cause heavy metals to enter agricultural soils (Hijazi et al 2016).

The most important difference and effect of using energy crops as feedstock from other types is land use. Hartmann (2006) showed that land use was the dominant environmental impact category for biogas systems based on energy crops. Land use causes the environmental impacts such as occupying, reshaping and managing land, leading to degradation in the naturalness of the area.

The generation of biogas from animal manure and slurry has also become popular recently in the agricultural sector. In comparison with traditional manure storage, anaerobic digestion of animal manure avoids methane(CH<sub>4</sub>) and nitrous oxide(N<sub>2</sub>O) emissions and adds to the substitution of artificial mineral fertilizer (Vega et al. 2007).

The sewage sludge as the feedstock only the resource consumption and emissions directly related to the biogas production are considered in the biogas dataset. In a sewage plant the production of sewage sludge is part of the wastewater treatment service and is therefore not considered in the biogas inventory. The disposal of sewage sludge is also part of wastewater treatment in sewage plants without biogas production. Consequently, the environmental impacts of the disposal of the digested sludge are not considered in the biogas inventory (Stucki et al. 2011).

Biogas scenarios with manure as input material show lower GHG emissions than their reference systems. GHG from manure depend on the CH<sub>4</sub> yield: Higher lignin contents in the animal feed and lower crude protein in the manure produce higher CH<sub>4</sub> yield. In the case of manure as the substrate is considered as a waste product

from animal breeding. Consequently, the environmental impacts from animal breeding are allocated to the animal products such as meat, milk etc. and not to the manure (Stucki et al., 2011).

- **Digestate**

Vu et al. (2015), studied LCA of biogas production in small-scale household digesters in Vietnam. The results in the current study clearly show that the release of CH<sub>4</sub>, both through intentional release and from digestate storage, has a significant impact in terms of global warming. Therefore, the study suggested to recycle and to develop methods and technologies in order to make the digesters more sustainable.

Rehl and Müller. (2011) studied to compare the environmental impacts and the energy efficiency of seven treatment options of biogas digestate. They investigated the treatment options include one conventional digestate management option, one stabilization process (composting), three mechanical drying, options (belt dryer, drum dryer and solar dryer), one option using thermal vaporization (concentration), one physical–chemical treatment (combination of separation, ultra-filtration, reverse osmosis and ionic exchanger) in the frame of primary energy demand (PED), global warming potential (GWP) and acidification potential (AP). According to study, belt drying of non-separated digestate was the treatment requiring the most primary energy and showed the highest global warming potential and acidification potential, whereas solar drying of separated digestate was the best option. In general, solar drying, composting and physical/chemical treatment were most suitable to reduce resource use and environmental impacts.

Digestate has also been utilized for agricultural production as organic fertilizer, plant growing media and soil amendment. The digestate can substitute artificial mineral fertilizers because of the nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) content in the digestate. From all the reviewed studies, digestate is reused as organic fertilizer, replacing chemical fertilizers in the field (Tufvesson et al 2013).

- **Biogas utilisation**

In most of the reviewed LCA studies, the bioenergy produced is utilized for heat, electricity and as transportation fuel. In a combined heat and power (CHP) unit, the biogas generated is used to produce heat and electricity simultaneously. Usually, the heat is used for selfconsumption (to heat the digesters) while the produced electricity is fed into the public or national grid (Hijazi et al., 2016).

Improving biogas plant technology and management by collecting the biogas during the storage of digested residues or installing a gas flare will improve the greenhouse gas balance of biogas systems. Apart from the impacts resulting from the production of energy crops, acidification (AC) and eutrophication(EP) from biogas systems could be reduced by using combined heat and power units(CHPU) with catalytic converters and high efficiency ()

Poeschl et al. (2012) investigated the different biogas utilization scenarios for small-scale and large-scale biogas plants. The results showed tri-generation; CHP generation coupled to external heat utilization and cooling (in small-scale biogas plant) and purification and upgrading biogas to biomethane coupled with small-scale CHP unit (in large-scale biogas plant) were the most feasible pathway for sustainable biogas utilization.

Upgraded biogas, also known as biomethane, is increasingly being used as a fuel for transport in several countries and is regarded as an environmentally beneficial option. According to the study, biogas was one of the fuels on the market with the lowest environmental impacts and the environmental effects were transport distances and methane leakages. (Lyng and Brekke, 2019).

## **CONCLUSION**

The study focused on the environmental effects of biogas production stages. The decision of feedstock, digestate utilization, biomethane upgrading technology and biogas utilization were crucial steps which has been investigated in the literature. In terms of global warming (GW) and resource use (RC), biogas compared to energy from fossil fuels is more environmentally friendly. Due to the environmental effects at the stage of growing energy crops, compared to urban wastes and animal wastes, creates a lot of environmental pressure. In this case, due to resource use and greenhouse gases, fossil fuels decreases the level of competitiveness.

Biogas production is one of the best and sustainable solutions for waste management particularly in developing countries. The previous studies show that the evaluation of biogas systems using life cycle analysis can provide an improvement to optimize the biogas system environmentally. The LCA can provide a knowledge base for

both policymakers and engineers to increase the efficiency of biogas systems and reduce their environmental impact.

## REFERENCES

- Abdelsalam E., Hijazi O., Samer M., Yacoub I.H., Ali A.S., Ahmed R.H., Bernhardt H., 2019. Life cycle assessment of the use of laser radiation in biogas production from anaerobic digestion of manure. *Renewable Energy* 142:130-136
- Aziz N., Hanafiah M., Ghewala H., 2019. A review on life cycle assessment of biogas production: Challenges and future perspectives in Malaysia, *Biomass and Bioenergy*, 122:361-374.
- Börjesson P, Tufvesson L, Lantz M. 2010. Life cycle assessment of biofuels in Sweden, Lund University. Department of technology and society environmental and energy systems studies ; Report No. 70. ISBN91-88360-96-2.
- Floria C., Fiorention G., Corcelli F., Ulgiati S., Dumontet S., Güsewell J., Eltrop L. 2019, A Life Cycle Assessment of Biomethane Production from Waste Feedstock Through Different Upgrading Technologies, *Energies*, 12, 718; doi:10.3390/en12040718 www.mdpi.com/journal/energies.
- Gonzalez-Garcia S, Bacenetti J, Negri M, Fiala M, Arroja L. 2013. Comparative environmental performance of three different annual energy crops for biogas production in Northern Italy. *J Clean Product*; 43:71–83.
- Hartmann, J.K. 2006. Life-cycle-assessment of industrial scale biogas plants. Fakultät für Agrarwissenschaften der Georg-August-Universität Göttingen. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades.
- Hijazi et al 2016, Review of life cycle assessment for biogas production in Europe, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 54(2016)1291–1300.
- Jury, C., Benetto E., Koster D., Schmitt B., Weltring J., 2010. Life Cycle Assessment of biogas production by monofermentation of energy crops and injection into the natural gas grid. *Biomass and Bioenergy* 34:54-66.
- Ministry of Energy <https://epa.gov.tr>, [23.10.2020]
- Morero B., Vicentin R., Campanella E., 2017. Assessment of biogas production in Argentina from co-digestion of sludge and municipal solid waste. *Waste Management* 61:195-205.
- Lyng K. Brekke A., 2018. Environmental Life Cycle Assessment of Biogas as a Fuel for Transport Compared with Alternative Fuels, *Energies*, 12:532; doi:10.3390/en12030532.
- Poeschl M., Ward S., Owende P., 2012. Environmental impacts of biogas deployment e Part II: life cycle assessment of multiple production and utilization pathways. *Journal of Cleaner Production* 24:184-201.
- Rehl T, Müller J., 2011. Life cycle assessment of biogas digestate processing Technologies. *Resources, Conservation and Recycling* 56:92–104.
- Stucki, M., Jungbluth N., Leuenberger M., 2011. Life Cycle Assessment of Biogas Production from Different Substrates. Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK.
- Thyø KA, Wenzel H. 2007. Life cycle assessment of biogas from maize silage and from manure-for transport and for heat and power production under displacement of natural gas based heat works and marginal electricity in northern Germany. Institute for Product Development Report. 86 p. ID: 46e36c70-e6de-11dc-9a76-000ea68e967b; .
- Tufvesson L., Lantz M., Börjesson P., 2013. Environmental performance of biogas produced from industrial residues including competition with animal feed e life-cycle calculations according to different methodologies and standards. *Journal of Cleaner Production* 53:214-223.
- Vega G., Hoeve M., Birkved M., Sommer S., Bruun S., 2014. Choosing co-substrates to supplement biogas production from animal slurry – A life cycle assessment of the environmental consequences. *Bioresource Technology* 171:410–420.
- Vu, T.K.V., Vu Q., Jensen L.S., Sommer S. G., Bruun S. 2015. Life Cycle Assessment of Biogas Production in Small-scale Household Digesters in Vietnam. *Asian Australas. J. Anim. Sci.* 28, 5:716-729.

## Enkapsüle karvakrol içeren hamurun kızartılmasında kullanılan ayçiçeği yağında 5-Hidroksimetilfurfural miktarının belirlenmesi

Ülkühan Bağış, Tuğça Bilenler, İhsan Karabulut

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: ulkuhannbagis@gmail.com

### Özet

Bu çalışmanın amacı karvakrolün enkapsüle edilerek ve edilmeden hamur ve yağa katılması ile gerçekleştirilen hamur kızartma işleminde alınan yağ örneklerindeki 5-Hidroksimetilfurfural miktarının tespit edilmesidir. Karvakrol ilk olarak %100 Gam arabik, daha sonra Gam arabik+Maltodekstrin (75:25) ve son olarak [Nişasta+(Gam arabik+maltodekstrin, 75:25), 10:90] ile enkapsüle edilmiştir. Bu enkapsüle karvakrol formları ve serbest karvakrol hem hamura hem de yağa katılarak tekrar eden kızartma işlemi (25 kez) gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bir kontrol grubu kızartma işlemi bir de yağa BHA ilave edilmesi ile kızartma işlemleri yapılmıştır. Yirmi beş kızartma boyunca her beş kızartmada bir alınan yağ örneklerinden HMF ekstrakte edilerek HPLC ile miktarları tespit edilmiştir. BHA ilave edilen kızartma yağında ve %100 gam arabik ile enkapsüle edilen karvakrolün hamura eklendiği kızartma yağlarında HMF tespit edilememiştir. En yüksek HMF miktarı ise 5. kızartma sonunda [Nişasta+(Gam arabik+maltodekstrin, 75:25), 10:90] ile kapsüllenen karvakrol içeren kızartma yağında tespit edilirken 10. kızartmadan 25. kızartma sonuna kadar en yüksek HMF miktarı Gam arabik+Maltodekstrin (75:25) ile kapsüllenen karvakrol içeren yağ örneğinde tespit edilmiştir. %100 Gam arabik ile kapsüllenen karvakrol içeren kızartma yağındaki HMF miktarının ise maltodekstrin içeren örneklerinkinden düşük olduğu saptanmıştır. Kabuk materyali olarak maltodekstrin ve nişasta kullanılarak direk yağa ilave edilen örneklerde özellikle maltodekstrinin yağda HMF oluşumunu arttırdığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** 5-Hidroksimetilfurfural, hamur kızartma, enkapsülasyon, karvakrol

### Determination of the amount of Hydroxymethylfurfural in sunflower oil used for frying dough containing encapsulated carvacrol

#### Abstract

The aim of this study is to determine the amount of 5-Hydroxymethylfurfural in the oil samples taken in the dough frying process, which was carried out by adding encapsulated or unencapsulated carvacrol to the dough and oil. Carvacrol was encapsulated with 100% Gum arabic, then Gum arabic + Maltodextrin (75:25) and finally [Starch + (Gum arabic + maltodextrin, 75:25), 10:90]. Frying experiments were administered with the addition of carvacrol, in encapsulated or un-encapsulated forms, into the sunflower oil or dough. In addition, control group frying was performed with the addition of BHA to the oil. Frying process was repeated 25 times. HMF was extracted from the oil samples taken every five frying, and quantification was performed by HPLC technique. HMF was not detected in the oil sample containing BHA and dough sample containing carvacrol, which was encapsulated with 100% gum arabic. The highest amount of HMF was detected in frying oil containing carvacrol encapsulated with [Starch + (Gum arabic + maltodextrin, 75:25), 10:90] at the end of 5th frying, while the highest amount of HMF from the 10th frying to the end of frying 25th is Gum arabic+Maltodextrin was detected in the oil sample containing carvacrol encapsulated with (75:25). The amount of HMF in frying oil containing carvacrol encapsulated with 100% Gam arabic was found to be lower than those containing maltodextrin. In samples added directly to the oil using maltodextrin and starch as the shell material, especially maltodextrin has been found to increase HMF formation in the oil.

**Keywords:** 5-Hydroxymethylfurfural, dough frying, encapsulation, carvacrol

#### GİRİŞ

Derin yağda kızartma, en eski ve popüler gıda preparatlarından biridir. Kızartma işlemi, hava ve gıda arasındaki temas ile 150 °C ila 190 °C arasında yüksek sıcaklıkta ürünleri sıcak yağa daldırma işlemidir. Derin yağda kızartma sırasında gıda ürünü ve havanın eşzamanlı ısı ve kütle transferi, kızarmış ürünlerin arzu edilen kalitesini üretir. Kızartma yağı bir ısı transfer ortamı olarak işlev görür (Choe ve ark. 2007). Kızarmış gıdalar, diyetdeki yağ seviyesinin azaltılması önerilerine rağmen giderek daha popüler hale gelmiştir. Bunun temel

nedeni, kızartma işleminin tüketiciler tarafından takdir edilen renk, doku ve lezzet gibi benzersiz duyuşal özelliklere sahip gıdaların üretimi için hızlı bir teknik olmasıdır. Bu olumlu değişikliklere kızartma ortamının bazı istenmeyen modifikasyonları da eşlik eder. Kızartma sırasında termal, oksidatif ve hidrolitik reaksiyonlar meydana gelmekte ve dolayısıyla yeni bileşiklerin oluşmasının bir sonucu olarak yağda fiziksel ve kimyasal değişikliklerin meydana geldiği bilinmektedir (Dobargenes ve ark., 2000). Ayrıca gıdaların kızartılması sırasında nişastanın jelatinleşmesi, Maillard reaksiyonu, protein denatürasyonu ve nemin azalması gibi başka değişiklikler de meydana gelir. Bu değişiklikler ürünün şişmesi, gevrek bir tabakanın oluşumu ve altın rengi görünüm ile kendini gösterir (Kochhar ve ark., 2004).

Termal prosesler, uzun raf ömrüne sahip güvenli ürünler elde etmek ve gıdaların nihai kalitesi üzerinde güçlü bir etkiye sahip olmak için gıda üretiminde sıklıkla kullanılır. Fırınlama, kızartma, kavurma Maillard reaksiyonu (MR), karamelizasyon ve lipid oksidasyonu gibi çeşitli kimyasal reaksiyonlar nedeniyle istenen ve istenmeyen etkilere neden olur (Capuano ve ark., 2010). Son zamanlarda, yüksek toksikolojik potansiyelleri ve gıdalarda geniş oluşumları nedeniyle akrilamid ve 5-hidroksimetilfurfural (HMF) çok fazla ilgi görmüştür. 5-Hidroksimetilfurfural, Maillard Reaksiyonunda (MR) bir ara ürün olarak ve gıdalara uygulanan ısıl işlemler sırasında şekerlerin asidik koşullar altında doğrudan dehidrasyonundan (karamelizasyon) oluşan furanik bir bileşiktir (Ames, 1992; Kroh, 1994). Gıdalarda tespit edilebilen HMF miktarı, karbonhidrat bakımından zengin ürünlerin işlenmesi sırasında uygulanan ısı yüküyle doğrudan ilişkilidir. (Capuano ve ark., 2010). Kızartma sırasında, gıdaların bileşimine ve kızartma koşullarına bağlı olarak ürünlerde belirli miktarda HMF oluşur. Kısmi hidrofobikliği nedeniyle HMF, kızartma sırasında yağa transfer olabilir. (Güncüoğlu ve Gökmen, 2013). Yüksek konsantrasyonlarda HMF sitotoksiktir ve gözleri, üst solunum yollarını, cildi ve mukoz membranlarını tahriş eder (Capuano ve ark., 2010). Kemirgenler üzerinde yapılan çalışmalarda HMF'nin kanserojenik aktivitesi araştırılmıştır. HMF'nin fare kolonunda aberrant crypt foci oluşumunu desteklediği gösterilmiştir (Archer ve ark. 1992; Bruce ve ark. 1993). 5-HMF'nin sulfotransferaz enzimleriyle dönüştüğü sulfoksimetilfurfuralın (SMF) genetik mutasyona ve fare derilerinde tümör oluşumunu yol açtığı saptanmıştır (Lee ve ark., 1995; Surch ve ark., 1994).

Bu çalışmanın amacı karvakrolün enkapsüle edilerek ve edilmeden hamur bileşimine ve yağa katılmasıyla yağdaki HMF miktarının nasıl değiştirdiğini belirlemek ve enkapsüle karvakrol formunun HMF üzerindeki etkisini belirlemektir. Her beş kızartmada bir alınan ayçiçeği yağı numunelerinin HMF miktarları tekrarlanan (25 kez) kızartma deneyleri boyunca değerlendirilmiştir.

## **MATERYAL VE METOD**

Karvakrol, gam arabik, maltodekstrin, BHA ve Tween 80 Sigma Aldrich, nişasta Sunar Mısır Ent. Tes. TİC. A.Ş firmasından temin edilmiştir. 5-HMF, formik asit (% 85), asetonitril ve metanol Merck firmasından (Merck, Darmstadt, Germany) temin edilmiştir.

### **Karvakrolün enkapsülasyonu**

Enkapsüle yapıdaki karvakrolün elde edilmesinde literatürde yaygın olarak uygulanan emülsiyon oluşturma tekniği kullanılmıştır (Krishnan ve ark., 2005; Vaidya ve ark., 2006). Bu amaçla toplam miktar 30 g olacak şekilde gam arabik, maltodekstrin ve modifiye nişasta karışımına 70 mL su ilave edilmiştir. 60°C'de (su banyosunda) 1 saat bekletilmiş ve ilave olarak 1 gece buzdolabı sıcaklığında rehidre olmaları sağlanmıştır. Karışıma toplam kabuk materyali kütlesinin %5'i oranında karvakrol ilave edilmiş ve yüksek devirli homojenizatörde 15.000 rpm'de 5 dk süresince homojenizasyon sağlanarak kaba emülsiyon elde edilmiştir. Emülsiyon stabilitesini arttırmak amacıyla homojenizasyon esnasında 2 damla Tween 80 eklenmiştir. Kabuk materyale %5 oranında karvakrol ilavesi yapılmış olup, püskürtülerek kurutulmuştur. Bu amaçla kullanılan Buchi 290 model Mini Spray Dryer (Buchi, İsviçre) cihazında 5 mm nozzle tip çapında, 5 bar kompresör basıncında, 178±2 °C ile 100±2 °C giriş ve çıkış sıcaklıklarında olmak üzere peristaltik pompanın besleme hızı 300 g/saat olacak şekilde ayarlanmıştır.

### **Hamurun hazırlanması**

Kızartma denemelerinde buğday unu kullanılarak geleneksel olarak "pişi" olarak adlandırılan hamur ürünü hazırlanmıştır. Mayasız hamur hazırlamada kullanılan bileşenler şu şekildedir: 1 kg un, 330 g yoğurt, 14 g karbonat, 12 g tuz, 3 yumurta ve 120 mL saf su. Mutfak tipi hamur yoğurma cihazı (KitchenAid, Belçika) kullanılarak yoğurt, yumurta, karbonat ve tuz homojen hale gelinceye kadar karıştırılmış ve üzerine un ve su ilave edilerek yaklaşık 5 dk süresince yoğurulmuştur. Hamur kitlesi yaklaşık 30 dk dinlendirildikten sonra 90

g ağırlığında parçalara bölünmüş ve merdane yardımı ile ince bir hamur kalınlığı elde edilinceye kadar açılmıştır. Hamur üretiminde enkapsüle toz yapının kullanıldığı hamur formülasyonlarında verilen kabuk materyallerinin miktarı dikkate alınarak bu miktarda un eksik kullanılmıştır. Kızartma denemelerinde kullanılacak örnek kodlamaları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kızartma denemelerinde kullanılan örnek kodlamaları

Örnek adı	Tanımlama
KONTROL	Antioksidan içermeyen hamur parçası
BHA	Kızartma yağına 200 mg/kg düzeyinde BHA ilave edilmiştir.
YS	Kızartma yağına 200 mg/kg düzeyinde enkapsüle edilmemiş karvakrol ilave edilmiştir.
HS	Hamur yapımında un kütlesinin %0.1’i oranında enkapsüle edilmemiş karvakrol ilave edilmiştir.
1YK	Kızartma yağına 200 mg/kg karvakrol içerecek şekilde %100 GA kullanılarak üretilen enkapsül yapısındaki toz ilave edilmiştir.
1HK	Hamur yapımında un kütlesinin %0.1’i oranında karvakrol içerecek şekilde %100 GA kullanılarak üretilen enkapsül yapısındaki toz ilave edilmiştir.
6YK	Kızartma yağına 200 mg/kg karvakrol içerecek şekilde GA+MD (75:25) kullanılarak üretilen enkapsül yapısındaki toz ilave edilmiştir.
6HK	Hamur yapımında un kütlesinin %0.1’i oranında karvakrol içerecek şekilde GA+MD (75:25) kullanılarak üretilen enkapsül yapısındaki toz ilave edilmiştir.
11YK	Kızartma yağına 200 mg/kg karvakrol içerecek şekilde [Nişasta+(Gam arabik+maltodekstrin, 75:25), 10:90] kullanılarak üretilen enkapsül yapısındaki toz ilave edilmiştir.
11HK	Hamur yapımında un kütlesinin %0.1’i oranında karvakrol içerecek şekilde [Nişasta+(Gam arabik+maltodekstrin, 75:25), 10:90] kullanılarak üretilen enkapsül yapısındaki toz ilave edilmiştir.

### Kızartma denemeleri

Kızartma denemeleri ev tipi bir fritözde (Tefal One Filtra 1900 Watt Fritöz) 2 L ayçiçeği yağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kızartma yağının sıcaklığı civalı ve dijital termometrelerle kızartma süresince ölçülmüş olup,  $176 \pm 2$  °C kalması sağlanmıştır (gerektiğinde termostatın kapatılıp açılması suretiyle). Her bir hamurun iki tarafı yağa eşit sürede temas edecek şekilde toplam kızartma süresi 3 dk’dır. Hamur kızartması tamamlanınca 2 dk ara verilmiş olup toplam 25 hamur kızartılmıştır. Her 5 kızartma sonunda ise ara verme süresi 4 dk olup, bu esnada yağdan koyu renkli cam şişelere 60 mL örnek alınmıştır. Yağ alımından sonra yeni yağ ilavesi yapılmadan gün içerisinde kızartma işlemi tamamlanmıştır. Kapsül içeren yağ örneklerinde kabuk materyalinden kaynaklanan bulanık bir görüntü olduğundan yağlar analizlerden önce Whatman No:4 filtre kağıdı kullanılarak filtre edilmiştir.

### Kızartma Yağlarından HMF Ekstraksiyonu

Ekstraksiyon aşaması Güncüoğlu ve Gökmen’in (2013) kullandığı yöntemde bazı değişiklikler yapılarak gerçekleştirilmiştir. 0.5 g kızartma yağlarına 1 mL metanol-su karışımı (70:30) ilave edilerek 1 dk vortekslenmiştir. 15000 rpm’de 5 dk santrifüj edilmiş ve süpernatant kısım alınmıştır. Ekstraksiyon aşaması ikinci kez tekrar edilmiştir. Süpernatantlar 0.45 µm şırınga enjektörlerden geçirilerek HPLC viallerine alınmıştır.

### HPLC ile HMF Miktarının Belirlenmesi

Analizde, pompa, autosampler, degassing ünitesi, kolon fırını ve DAD (Diode Array Dedector) dedektörden oluşan Shimadzu HPLC sistemi kullanılmıştır. Kromatografik ayırım için İnertsil ODS-3 kolonu kullanılmıştır. Mobil faz olarak 10 Mm Formikasıtlı su:asetonitril (90:10) kullanılmış ve izokrotik akış uygulanmıştır. Kolon sıcaklığı 25°C, mobil faz akış hızı 1 ml/dk olarak ayarlanmış ve ölçümler 285 nm dalga boyunda DAD dedektör kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Karvakroklün serbest ve enkapsüle formda hamura ve yağa katılması ile gerçekleştirilen kızartma işlemleri esnasında belirli periyotlarda (5-10-15-20-25. kızartmalardan sonra) alınan yağ örneklerinde tespit edilen HMF miktarları Tablo 1’ de verilmiştir. BHA ve 1HK örneklerinde tüm kızartma süreleri boyunca HMF tespit edilememiştir. YS ve HS örneklerinde ise 20. Kızartmaya kadar HMF tespit edilememiştir. Ayrıca kontrol grubunda da HMF 15. kızartmadan sonra tespit edilmiştir. 5. kızartma sonundaki en yüksek HMF miktarları 11YK daha sonra 6YK örneklerinde tespit edilmiştir. Ancak 10. kızartmadan itibaren 25. Kızartmaya kadar 6YK örneklerinde tespit edilen HMF miktarları 11YK örneğinkinden daha fazladır. Her iki örnekte de 10. kızartmadan sonra azalmalar gerçekleşmiştir. Genel olarak bakıldığında yağa kapsül formunda karvakrol ilave edilen örneklerin HMF miktarları hamura ilave edilenlere ve BHA içeren yağ örnekleri ile kontrol grubu örneklerine göre daha yüksektir. 1YK örneğinde kabuk materyali olarak yalnızca gam arabik kullanılmış ve HMF miktarı 6YK ve 11YK örneklerinkinden daha düşük bulunmuştur. 6YK örneğinde kabuk materyali olarak gam arabik+maltodekstrin (75:25) karışımı ve 11YK örneğinde ise kabuk materyali olarak [Nişasta+(Gam arabik+maltodekstrin, 75:25), 10:90] karışımı kullanılmıştır. Her iki örnek grubunda da maltodekstrin kullanılmıştır ve miktar olarak 6YK örneğinde maltodekstrin daha fazladır. 10. kızartmadan 25. kızartmaya kadar 6YK örneğindeki HMF miktarları 11YK örneklerinkinden daha fazla olduğundan HMF oluşumuna maltodekstrinin katkıda bulunduğu saptanmıştır.

**Tablo 2.** Tekrar edilen hamur kızartma işleminde yağlardaki HMF miktarları

Örnekler	HMF (mg/g)				
	5.kızartma	10.kızartma	15.kızartma	20.kızartma	25.kızartma
KONTROL	TE*	TE	0.2752±0.0004 <sup>aA</sup>	0.2856±0.0029 <sup>bA</sup>	0.2784±0.0082 <sup>abA</sup>
BHA	TE	TE	TE	TE	TE
HS	TE	TE	TE	TE	0.2725±0.0074 <sup>aA</sup>
1HK	TE	TE	TE	TE	TE
6HK	TE	TE	TE	0.2636±0.0019 <sup>aA</sup>	0.2593±0.0036 <sup>aA</sup>
11HK	0.2888±0.0040 <sup>bA</sup>	0.2812±0.0005 <sup>abA</sup>	0.2801±0.0039 <sup>abA</sup>	0.2771±0.0093 <sup>abA</sup>	0.2707±0.0042 <sup>aA</sup>
YS	TE	TE	TE	TE	0.2847±0.0055 <sup>aA</sup>
1YK	0.3189±0.0016 <sup>aA</sup>	0.3300±0.0013 <sup>bb</sup>	0.3385±0.0004 <sup>cb</sup>	0.3366±0.0009 <sup>cA</sup>	0.3379±0.0024 <sup>cA</sup>
6YK	3.0154±0.0343 <sup>ab</sup>	4.2351±0.0472 <sup>cd</sup>	4.1527±0.0351 <sup>cd</sup>	3.7593±0.2172 <sup>bc</sup>	3.0160±0.0959 <sup>ac</sup>
11YK	3.1496±0.0474 <sup>bc</sup>	3.9177±0.0290 <sup>c</sup>	3.8012±0.0365 <sup>cc</sup>	3.2085±0.1496 <sup>bB</sup>	2.8770±0.0325 <sup>ab</sup>

TE\*: Tespit edilemedi.

Aynı sütunda gösterilen büyük harfler aynı kızartma uygulamalarında örnekler arasındaki farklılığı, aynı satırda gösterilen küçük harfler ise aynı örnek grubu içerisinde kızartmalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P<0.05$ ).

Enzimatik olmayan esmerleşme reaksiyonu olarak da bilinen Maillard reaksiyonlarında yüksek sıcaklığa bağlı olarak indirgen şekerler ile amino grupları arasında gerçekleşen çok sayıda reaksiyon oluşumu söz konusudur (Jaeger ve ark., 2010). Çeşitli gıdaların kızartma süreçlerinde kızartılan gıdanın bileşiminde yer alan reaktif grupların varlığına bağlı olarak gerçekleşen Maillard tipi değişimlerde rengin önemli değişimler gösterdiği saptanmıştır (Gertz ve ark., 2002; Becalski ve ark., 2003; Matthaus ve ark., 2004). Bu bakımdan, kızartmada kullanılan hamur ve kabuk malzemesinin bileşiminde Maillard tipi kararmaya neden olabilecek oldukça fazla reaktant bileşik bulunduğu ve oluşan ürünlerin kızartma yağının değişiminde önemli rol oynayacağı göz ardı edilmemelidir. Aynı örnek grupları ile yapılan ayrı bir çalışmada 11YK kodlu örnekte birçok oksidatif gösterge diğer gruplara göre daha üstün durumda olup, Maillard reaksiyonları sonucu oluşan ürünlerin aynı zamanda antioksidan etki gösterdiği de bilinmektedir (Manzocco ve ark., 2001).

## SONUÇ

Bu çalışmada karvakrolün serbest ve enkapsüle formlarda hem yağa hem de hamura katılması ile kızartma yağlarındaki HMF miktarının kontrol grubu ve BHA içeren kızartma yağlarına göre değişimi belirlenmiştir. HMF miktarı yağa enkapsüle formda karvakrol ilave edilen örneklerde hamura katılanlara göre daha yüksek bulunmuştur. En yüksek HMF miktarı enkapsüle formda karvakrolün direk yağa katıldığı 6YK ve 11YK örneklerinde saptanmıştır. Bu örnek gruplarında yağa katılan enkapsüle formlarda karvakrolün



mikroenkapsülasyonunda kabuk materyali olarak gam arabik-maltodekstrin (6YK) ve gam arabik-maltodekstrin ve nişasta karışımı (11YK) kullanılmıştır. 1YK örneğinde ise kabuk materyali olarak yalnızca gam arabik kullanılmıştır ve kızartma süreleri boyunca saptanan HMF miktarları 6YK ve 11YK örneklerinden daha azdır. Bu farklılığa maillard reaksiyonunda maltodekstrinin daha reaktif özellik göstermesinin neden olduğu tespit edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Ames JM 1992. The Maillard reaction. In B. J. F. Hudson (Ed.), *Biochemistry of food proteins* London: Elsevier, pp. 99-153.
- Archer MC, Buce WR, Chan CC, Corpet DE, Medline A, Roncucci L, Stamp D, Zhang XM 1992. Aberrant crypt foci and microadenoma as markers for colon cancer. *Environmental Health Perspect*, 98 (1): 195-197.
- Becalski A, Lau B, Lewis D, Seaman SW 2003. Acrylamide in foods: occurrence, sources and modeling. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51:802-808.
- Bruce WR, Archer MC, Corpet DE, Medline A, Minkin S, Stamp D, Yin Y, Zhang XM 1993. Diet, aberrant crypt foci and colorectal cancer. *Mutation Research*, 290 (1): 111-118.
- Capuano E, Fogliano V 2011. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): a review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. *LWT—Food Sci Technol*, 44:793-810.
- Choe E, Min DB 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *J Food Sci*, 72:77-86.
- Dobarganes C, Marquez-Ruiz G, Velasco J 2000. Interaction between fat and food during deep-frying. *Eur. J. Lipid Sci. Technol*, 102:521-528.
- Gertz C, Klostermann S 2002. Analysis of acrylamide and mechanisms of its formation in deep-fried products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 104:762-771.
- Güncüoğlu N, Gökmen V 2013. Accumulation of 5-Hydroxymethylfurfural in Oil During Frying of Model Dough, *J Am Oil Chem Soc*, 90:413-417.
- Jaeger H, Janositz A, Knorr D 2010. The Maillard reaction and its control during food processing. The potential of emerging technologies. *Pathologie Biologie*, 58:207-213.
- Kochhar SP, Gertz C 2004 New theoretical and practical aspects of the frying process. *Eur J Lipid Sci Technol* 106:722-727.
- Krishnan S, Bhosale R, Singhal RS 2005. Microencapsulation of cardamom oleoresin: Evaluation of blends of gum arabik, maltodekstrin and a modified starch as wall materials. *Carbohydrate Polymers*, 61:95-102.
- Kroh LW 1994. Caramelisation in food and beverages, *Food Chemistry*, 51:373-379.
- Lee YC, Shlyankevich M., Jeong HK, Douglas JS, Surh YJ 1995. Bioactivation of 5-hydroxymethyl-2-furaldehyde to an electrophilic and mutagenic allylic sulfuric acid ester. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 209 (3): 996-1002.
- Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lericci CR 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends in Food Science and Technology*, 11: 340-346.
- Matthaus B, Haase NU, Vosmann K 2004. Factors affecting the concentration of acrylamide during deep-fat frying of potatoes. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106: 793-801.
- Surh YJ, Tannenbaum SR 1994. Activation of the Maillard reaction product 5-(hydroxymethyl)furfural to strong mutagens via allylic sulfonation and chlorination. *Chemical Research in Toxicology*, 7 (3): 313-318.
- Vaidya S, Bhosale R, Singhal RS 2006. Microencapsulation of cinnamon oleoresin by spray drying using different wall materials. *Drying Technology*, 24:983-992.

## Türk Ege Denizinde dağılım gösteren yabancı balık türlerinin güncel durumu

Sercan Yapıcı (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2288-5084>)

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimleri Bölümü, Muğla, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: [sercanyapici@mu.edu.tr](mailto:sercanyapici@mu.edu.tr)

### Özet

Günümüzde Akdeniz istilalar nedeniyle balık komünitelerinde meydana gelen değişimlerle karakterize edilen biyoçeşitliliğin sıcak bir noktası haline gelmiştir. Çoğunlukla Süveyş Kanalı ve Cebelitarık Boğazı vasıtasıyla giriş yapan türlerin gerçekleştirdikleri bu istilalar 40 son yılda hız kazanmıştır. Bu çalışmada ilgili literatürler incelenerek ülkemizin Ege kıyılarında dağılım gösteren yabancı balık türleri belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoçeşitlilik, Biyo-istila, Süveyş Kanalı, Cebelitarık Boğazı, Akdeniz

### A recent status of alien fishes spreading the Turkish Aegean Sea

### Abstract

Nowadays, the Mediterranean is a hotspot of biodiversity, characterized by changes in fish communities due to invasions. These invasions, mainly occurring through the entrance of species through the Suez Canal, and through the Gibraltar Strait, has been increasing in the last 40 years. In this study, alien fishes spreading the Aegean coasts of Turkey were determined by reviewing the relevant literature.

**Keywords:** Biodiversity, Bioinvasion, Suez Canal, Gibraltar Strait, Mediterranean

### GİRİŞ

Biyolojik istila günümüzün en önemli sorunlarından birisidir. Yerel olmayan türlerin yeni ekosistemlere girmesi biyoçeşitliliği ve ekosistem bileşenlerini tehdit eden en ana unsurlardan birisi olarak kabul edilmektedir (Katsanevakis ve ark. 2014). Ancak biyolojik istilalar sadece ekolojik değil ekonomik zararlara da neden olmaktadır.

Son yüzyılda Akdeniz, Süveyş kanalı ve Cebelitarık boğazı vasıtasıyla giriş yapan türlerin istila ettiği bir yer haline almıştır. Günden güne artan insan temelli etkiler (küresel ısınma, yoğun gemi taşımacılığı, vb.) Akdeniz'e giriş yapan yabancı türlerin istila başarısını arttırmaktadır. Günümüzde Akdeniz baseninde dağılım gösteren yerel olmayan tür sayısı 1000'i aşmış durumdadır (Zenetos ve ark. 2017).

Dünyada gerek karasal gerekse sucul ekosistemlerdeki yabancı türlerin tespiti, dağılımları, yarattığı etkilerin anlaşılması ve izlenmesi uzun yıllardır çalışılan konular arasında olsa da ülkemizde bu tür çalışmalar son 10 yılda hız kazanmıştır. Özellikle Süveyş Kanalı vasıtasıyla Akdeniz'e geçiş yapan Lesepsiyen türlerin ülkemiz kıyılarında yoğun bir şekilde popülasyon oluşturması sebebiyle bu türlerin ilgili uzmanlarca izlenmesi: yeni giriş yapan türlerin tespiti, yaratabilecekleri ekolojik etkilerin ve alınacak önlemlerin belirlenebilmesinin yanı sıra, ekonomik açıdan meydana gelecek kayıpların önüne geçebilecek yönetim planlarının önceden oluşturulması için bir avantaj sağlayacaktır. Mevcut çalışma, ilgili literatür kaynaklarına dayanarak Türk Ege denizi kıyılarında dağılım gösteren egzotik denizel balık türlerinin güncel durumunu ortaya koyma amacını taşımaktadır.

### Terminoloji

İstila biyolojisinin sorunlarından birisi terminolojide yaşanan tanımlamalar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Tarkan (2013) "yabancı tür" terimi aynı zamanda "istilacı", "zararlı", "egzotik" gibi terimlerle beraber aynı anlamda kullanıldığını ancak aslında birbirlerinden oldukça farklı anlamları içerdiğini belirtmiştir. Bununla beraber araştırmacı; standart terimlerin kullanılması çabalarının ülkeden ülkeye değişen politik ve ekolojik anlayışların türlerin doğal, yabancı ya da istilacı olarak farklı şekillerde algılanmalarına yol açması nedeniyle sonuçsuz kaldığını belirtmiştir. Dolayısıyla biyolojik istila ile ilgili konularda kullanılacak terimlerin belirlenmesinde türlerin politik tanımlamaları değil ekolojik etkilerinin temel alınması ve tanımlamaların Copp ve ark. (2005) oluşturduğu terminolojiye göre yapılması gerektiğini belirtmiştir. Buna göre;

### *Doğal Yayılım;*

Bir türün coğrafik dağılımının doğal sınırlarını ifade eder. Ancak, dağılım alanı dinamiktir yani morfolojik ve fizyolojik olarak ya da çevresel faktörlerle bağlı olarak davranıştaki değişimler bu dağılım alanlarını sürekli değiştirebilirler. Pratik olarak bir türün veya ırkın potansiyel dağılım alanı Neolitik dönemden önce oluştuğu coğrafik alandır.

### *Doğallaşma;*

Bir türün aşılandıktan sonra doğada kendi kendini sürdürebilen popülasyonlar oluşturabilmesi ve ortamda yaşayan organizma toplulukları içine girerek yeterli bir süre boyunca varlığını devam ettirebilmesine denir. Doğallaşma, coğrafik yer değiştirme, yerel çevresel bariyerler ve düzenli üreme gibi süreçleri başarıyla geçtiğinde tamamlanır. Ancak doğallaşan türün geniş bir biçimde yayılması da gereklidir. Örneğin bir bölgede (ülke) sadece birkaç yerde bulunup çoğalması o türün tam olarak doğallaştığını göstermez. Çünkü bu kısıtlı alanlarda zaman içinde ortadan kalkma ihtimali oldukça yüksektir.

### *Yabancı tür;*

Bir coğrafik bölgede doğal olarak oluşmayan bir türü, alttürü, ırkı ya da varyeteyi ifade eder. Yani bir bölgede daha önce bulunmayan, doğrudan veya dolaylı olarak insanlar tarafından istemli ya da istemsiz olarak söz konusu bölgeye getirilen türlerdir. Bir türün yerli ya da yabancı olması arasındaki ayrım çok doğru bir şekilde yapılamayabilir. Çünkü bu karar, bir türün bir bölgede kaldığı zamanın uzunluğu ile ilgili tahminlere bağlı olarak verilir.

### *Aşılama;*

Bir organizmanın direk veya dolaylı olarak istemli veya istemsiz (kaza ile) doğaya ya da türün doğal olarak bulunmadığı coğrafik alanlardaki insanlar tarafından çevreleyen yerlerden tam olarak izole olmamış bölgelere transfer edilmesi ya da bırakılmasıdır. Bu, ülkeler arasındaki taşınmaları da içine alır.

### *İstilacı Organizmalar;*

İnsan yardımı olsun ya da olmasın doğal ya da yarı doğal habitatlara yayılan, ekosistemin yapısına, kompozisyonuna ve işleyişinde önemli değişiklikler yapan ve insan aktiviteleri için ciddi ekonomik kayıplara yol açan yabancı türlere denir.

### *İstila;*

Bu, yabancı türlerin ekosistemler ve kommüniteler üzerine etkileri ve ortaya çıkışı ile ilgili süreçlerin ve olayların bir bütünüdür. Bir türün coğrafik dağılımı, onun kaynakları ve aşılama yolları, üreme stratejisi, yayılım oranları, doğal (yerli) türler ve ekosistemler üzerine etkilerini bir araya getiren birçok durum söz konusu olabilir;

- Bir türün o tür için yabancı olan bir bölgeye yayılımı ve o bölgedeki tür kommüniteleri için yeni bir tür olması,
- Yaşayan organizmaların ilk (normal olarak doğal olan) dağılım sınırlarının ötesinde yer alan ekosistemlere girmeleri,
- İnsan aktivitesi (aşılama) ile getirilen organizmaların bütün doğal durumları ve türün doğal dağılım limitlerinin ötesindeki doğal değişimler,

### *Taşıma;*

Bu bir türün bir ülke içinde doğal olarak bulunduğu bir noktadan doğal olarak bulunmadığı bir bölgeye transferine denir.

### *Yabanileşmiş;*

Evcilleştirilen ve kapalı bir mekânda muhafaza edilen bir organizmanın doğaya kaçmasıyla ortaya çıkan duruma denir. Bir yabanileşmiş popülasyonun kendi kendini sürdürebilir olması gerekmez. Yabanileşmiş popülasyonlarla ilgili en önemli zorluklar onları gerçek doğal formlardan ayırırken ortaya çıkar.

## MATERYAL VE METOD

Çalışmada Akdeniz'e Süveyş Kanalı ve Cebelitarık Boğazı yoluyla giriş yapmış ve ülkemizin Ege kıyılarından rapor edilmiş türlerin bulunduğu bilimsel makaleler taranmıştır. Literatür taramaları dünyaca kabul edilen internet siteleri vasıtasıyla gerçekleştirilmiştir (Web of Science, Scopus, ReserachGate, Google Scholar, vb.)

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda 38 familyaya ait toplam 56 yerel olmayan balık türü tespit edilmiş olup bu türler Tablo 1'de gösterilmiştir. Elde edilen 56 türün kökenleri incelendiğinde; 3 türün kozmopolit, 8 türün Atlanto-Mediterran ve 45 türün ise Lesepsiyen özellikte olduğu saptanmıştır.

**Tablo 1.** Türk Ege Denizi'nde dağılım gösteren yerel olmayan balık türleri ve özellikleri (Köken: A-M (Atlanto-Mediterran), K (Kozmopolit), L (Lesepsiyen)), Y/İY: Yabancı/İstilacı Yabancı))

Ordo Familiya	Tür	Köke n	Y/İ Y	Otör
<b>Petromyzontiformes</b>				
Petromyzontidae	<i>Petromyzon marinus</i> Linnaeus, 1758	A-M	Y	Thessalou-Legaki ve ark. (2012)
Alopiidae	<i>Alopias superciliosus</i> Lowe, 1841	K	Y	Mater (2005)
<b>Anguilliformes</b>				
Muraenidae	<i>Enchelycore anatina</i> (Lowe, 1838)	A-M	Y	Okuş ve ark. (2004)
	<i>Pisodonophis semicinctus</i> (Richardson, 1848)	A-M	İY	Bilecenoğlu ve ark. (2009)
<b>Clupeiformes</b>				
Clupeidae	<i>Etrumeus golanii</i> DiBattista, Randall & Bowen, 2012	L	İY	Okuş ve ark. (2004)
<b>Aulopiformes</b>				
Synodontidae	<i>Saurida lessepsianus</i> Russell, Golani & Tikochinski, 2015	L	İY	Ben-Tuvia (1973)
<b>Gadiformes</b>				
Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros nectabanus</i> Whitley, 1941	L	İY	Filiz ve ark. (2007)
<b>Holocentriformes</b>				
Holocentridae	<i>Sargocentron rubrum</i> (Forsskål, 1775)	L	İY	Kosswig (1950)
Scombridae	<i>Scomberomorus commerson</i> (Lacepède, 1800)	L	İY	Buhan ve ark. (1997)
<b>Syngnathiformes</b>				
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i> Rüppell, 1838	L	İY	Bilecenoğlu ve ark. (2002)
	<i>Fistularia petimba</i> Lacepède, 1803	L	Y	Bilge ve ark. (2020) (yayınlanmamış veri)
<b>Gobiiformes</b>				
Gobiidae	<i>Oxyurichthys petersi</i> (Klunzinger, 1871)	L	İY	Benli ve ark. (1999)
	<i>Vanderhorstia mertensi</i> Klausewitz, 1974	L	İY	Çınar ve ark. (2011)
<b>Pleuronectiformes</b>				
Cynoglossidae	<i>Cynoglossus sinusarabici</i> (Chabanaud, 1931)	L	İY	Bilecenoğlu ve ark. (2014)
<b>Atheriniformes</b>				
Atherinidae	<i>Atherinomorus forskalii</i> (Rüppell, 1838)	L	İY	Geldiay (1969)
<b>Beloniformes</b>				
Hemiramphidae	<i>Hemiramphus far</i> (Forsskål, 1775)	L	İY	Kosswig (1950)
Exocoetidae	<i>Parexocoetus mento</i> (Valenciennes, 1847)	L	Y	Ben-Tuvia (1966)
<b>Mugiliformes</b>				

Mugilidae	<i>Liza carinata</i> (Valenciennes, 1836)	L	İY	Geldiay (1969)
	<i>Planiliza haematocheila</i> (Temminck & Schlegel, 1845)	L	İY	Kaya ve ark. (1998)
<b>Blenniiformes</b>				
Blenniidae	<i>Petroscirtes ancylodon</i> Rüppell, 1835	L	İY	Okuş ve ark. (2006)
<b>Acanthuriformes</b>				
Ephippidae	<i>Platax teira</i> (Forsskål, 1775)	L	Y	Bilecenoğlu ve Kaya (2006)
Leiognathidae	<i>Equulites klunzingeri</i> (Steindachner, 1898)	L	İY	Ben-Tuvia (1966)
Siganidae	<i>Siganus luridus</i> (Rüppell, 1829)	L	İY	Ben-Tuvia (1973)
	<i>Siganus rivulatus</i> Forsskål, 1775	L	İY	Tortonese (1947)
<b>Tetraodontiformes</b>				
Tetraodontidae	<i>Lagocephalus guentheri</i> Miranda Ribeiro, 1915	L	İY	Akyol ve Aydın (2016)
	<i>Lagocephalus sceleratus</i> (Gmelin, 1789)	L	İY	Akyol ve ark. (2005)
	<i>Lagocephalus suezensis</i> Clark & Gohar, 1953	L	İY	Bilecenoğlu ve ark. (2002)
	<i>Sphoeroides pachygaster</i> (Müller & Troschel, 1848)	K	İY	Eryılmaz ve ark. (2003)
	<i>Torquigener flavimaculosus</i> Hardy & Randall, 1983	L	İY	Bilecenoğlu ve ark. (2014)
Monacanthidae	<i>Stephanolepis diaspros</i> Fraser-Brunner, 1940	L	İY	Kosswig (1950)
<b>Acropomatiformes</b>				
Champsodontidae	<i>Champsodon capensis</i> Regan, 1908	L	Y	Mytilineou ve ark. (2016)
	<i>Champsodon nudivittis</i> (Ogilby, 1895)	L	Y	Filiz ve ark. (2014)
	<i>Champsodon vorax</i> Günther, 1867	L	Y	Yapici ve ark. (2016)
Pempheridae	<i>Pempheris rhomboidea</i> Kossmann & Räuber, 1877	L	İY	Papaconstantinou (1988)
<b>Perciformes</b>				
Serranidae	<i>Cephalopholis taeniops</i> (Valenciennes, 1828)	A-M	Y	Engin ve ark. (2016)
	<i>Paranthias furcifer</i> (Valenciennes, 1828)	A-M	Y	Ragkousis ve ark. (2020)
Apogonidae	<i>Apogonichthyoidea pharaonis</i> (Bellotti 1874)	L	İY	Okuş ve ark. (2004)
	<i>Jaydia queketti</i> (Gilchrist, 1903)	L	İY	Filiz ve ark. (2012)
	<i>Ostorhinchus fasciatus</i> (White, 1790)	L	İY	Bilecenoğlu ve ark. (2013)
Sillaginidae	<i>Sillago suezensis</i> Golani, Fricke & Tikochinski, 2013	L	Y	Bilecenoğlu (2004)
Rachycentridae	<i>Rachycentron canadum</i> (Linnaeus, 1766)	K	Y	Akyol ve Ünal (2013)
Carangidae	<i>Alepes djedaba</i> (Forsskål, 1775)	L	İY	Geldiay (1969)
	<i>Seriola fasciata</i> (Bloch, 1793)	A-M	İY	Ragkousis ve ark. (2020)
Lutjanidae	<i>Lutjanus argentimaculatus</i> (Forsskål, 1775)	L	Y	Akyol (2019)
Haemulidae	<i>Pomadasystridens</i> (Forsskål, 1775)	L	İY	Katsanevakis ve ark. (2020)
Sparidae	<i>Acanthopagrus bifasciatus</i> (Forsskål, 1775)	L	Y	Şensurat-Genç ve ark. (2019)
Nemipteridae	<i>Nemipterus randalli</i> Russell, 1986 <sup>1</sup>	L	İY	Gülşahin ve Kara (2013)
Mullidae	<i>Parupeneus forsskali</i> (Fourmanoir & Guézé, 1976)	L	İY	Stamouli ve ark. (2017)
	<i>Upeneus moluccensis</i> (Bleeker, 1855)	L	İY	Ben-Tuvia (1973)

	<i>Upeneus pori</i> Ben-Tuvia & Golani, 1989	L	İY	Akyol ve ark. (2006)
Pomacentridae	<i>Abudefduf saxatilis</i> (Linnaeus, 1758)	A-M	Y	Bilecenoğlu (2016)
Labridae	<i>Bodianus speciosus</i> (Bowdich, 1825)	A-M	Y	Filiz ve ark. (2019)
	<i>Pteragogus trispilus</i> Randall, 2013 Randall, 1981	L	İY	Bilecenoğlu ve ark. (2002)
Callionymidae	<i>Diplogrammus randalli</i> Fricke, 1983	L	Y	Seyhan ve ark. (2017)
Sphyraenidae	<i>Sphyraena chrysotaenia</i> Klunzinger, 1884	L	İY	Geldiay (1969)
Scorpaenidae	<i>Pterois miles</i> (Bennett, 1828)	L	İY	Turan ve Öztürk (2015)

İstilacı yabancı türlerin biyoçeşitlilik üzerindeki olumsuz etkileri herkes tarafından kabul edilse de yerel türlerin tamamen ortadan kalkmasında ana etken olduğu hususu tartışma konusudur. Özellikle sucul ekosistemlerde yabancı/istilacı yabancı türlerin varlığı genellikle bozulan çevre koşulları ve habitat yapısı ile ilişkilendirilmektedir. Ekosistem içerisindeki besin ilişkileri dikkate alındığında avcı özellikteki yabancı türler av olarak tercih ettikleri yerel balık popülasyonları üzerine baskı kurabilir ancak denizel ekosistemlerin büyüklüğü göz önüne alındığında yabancı bir türün yerel bir türü doğrudan predasyon yolu ile ortadan kaldırması pek mümkün görünmemektedir. Genellikle Akdeniz'e giriş yapan yabancı türler yerel balık türleriyle girdikleri besin rekabetinden galip çıkmakta, rekabeti kaybeden yerel balık türleri ise daha soğuk ve derin sulara doğru yeni yaşam alanları oluşturmaktadır. Yapıcı ve Filiz (2019) Lesepsiyen bir tür olan *Nemipterus randalli* ile yerel bir tür olan *Pagellus erythrinus* arasındaki besin ilişkilerini incelemiş ve bu iki tür arasında niş örtüşmesinin %60 civarında olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar aynı zamanda yerel *Pagellus erythrinus* türünün rekabet edebilmek için daha derin sularda yumurtladığını ve yıllık yumurtlama sayısını arttırdığını tespit etmişlerdir. Bu olumsuz ekolojik etkilerin dışında ticari öneme sahip yabancı balıklar yerel balıkların yerini alabilmektedir. Yine güney Ege kıyılarında yoğun popülasyon oluşturan istilacı yabancı *Nemipterus randalli* türü küçük ölçekli balıkçılığın başat türü konumundadır.

Denizel ekosistemlere giriş yapan yabancı türler ile ilgili ana sıkıntı, giriş yapan türün uzun bir zaman dilimi boyunca varlığını göstermeden kalabilmekte ve adaptasyon evresini geçirdikten sonra ekolojik ve ekonomik etki yaratabilen etkin popülasyon ile kendini göstermektedir. İstila ekolojisine bakıldığında bir ortama giriş yapan türlerin %10'nun hayatta kalabilen popülasyonlar oluşturabilecekleri, bu popülasyonlarında ancak %10'nun etki yaratabilecek istilacı türlere dönüşecekleri ön görülmektedir. Bu kural "onlar kuralı" olarak bilinmektedir. Bu kurala göre Akdeniz'e giriş yapan 100 yabancı türün ancak 1 tanesinin etki yaratabileceği, 99 tanesinin ise herhangi bir etkide bulunamayacağı kabul edilmelidir. Ancak özellikle insan temelli etkiler doğada bu kuralın işlemlerini sekteye uğratmaktadır. Örneğin Akdeniz'de deniz suyu sıcaklığının artması, artan gemi trafiği ve buna bağlı balast sularının yer değiştirmesi, Süveyş kanalının derinliğinin ve genişliğinin arttırılması, akıntı sistemlerinde meydana gelen değişimler gibi unsurlar Akdeniz'e giriş yapan türlerin giriş yapıp, hayatta kalma şansını arttırmaktadır. Bu nedenle bu türlerin etkilerini en az seviyede tutabilmek için, yabancı türlerin hızlı algılanması, etkilerinin hızlı değerlendirilmesi ve giriş yapan türe hızlı müdahale edilmesi gerekmektedir. Ancak genellikle müdahaleler yabancı türlerin adaptasyon fazını geçip etki yaratmaya başladıkları anda gerçekleşmeye başlar bu da yapılan müdahalenin etkili olmasını engellemektedir. Bu nedenle kıyılarımızda sayıları günden güne artan yabancı türlerin kontrol altında tutulabilmesi için ana giriş yolları denetlenmeli, ilgili uzmanlarca bir tür listesi hazırlanmalı ve bu türler ile ilgili web sayfaları ve çeşitli uygulamalar ile vatandaşlara bilgi vererek bu kişilerden geri dönüşler sağlanmalıdır. Ve tüm bu verileri değerlendirip hızlı karar verebilecek akademik uzmanlar ve kamu kurum amirlerinin bulunduğu bir karar mercii oluşturulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Akyol O, Aydın İ 2016. A new record of *Lagocephalus guentheri* (Tetraodontiformes: Tetraodontidae) from the north-eastern Aegean Sea. *Zoology in the Middle East*, 62(3): 271-273.
- Akyol O, Ünal V 2013. Second record of the Cobia, *Rachycentron canadum* (Actinopterygii: Perciformes: Rachycentridae), from the Mediterranean Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 43: 315-317.
- Akyol O, Ünal V, Ceyhan T 2006. Occurrence of two Lesepsiyan migrant fish, *Oxyurichthys petersi* (Gobiidae) and *Upeneus pori* (Mullidae), from the Aegean Sea. *Cybius*, 30: 389-390.

- Akyol O, Ünal V, Ceyhan T ve ark. 2005. First confirmed record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 66: 1183–1186.
- Akyol O 2019. The first record of a mangrove red snapper, *Lutjanus argentimaculatus* (Actinopterygii: Perciformes: Lutjanidae), from the Aegean Sea (Gulf of Izmir, Turkey). *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. 49(2): 209–211.
- Benli HA, Cihangir B, Bizsel KC 1999. Ege Denizi'nde bazı demersal balıkçılık kaynakları üzerine araştırmalar. *Istanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi* 301–369.
- Ben-Tuvia A 1966. Red Sea fishes recently found in the Mediterranean. *Copeia* 2: 254–275.
- Ben-Tuvia A 1973. Man-made changes in the eastern Mediterranean Sea and their effect on the fishery resources. *Marine Biology*, 19: 197–203.
- Bilecenoğlu M 2004. Occurrence of the Lessepsian migrant fish, *Sillago sihama* (Forsskål, 1775) (Osteichthyes: Sillaginidae), from the Aegean Sea. *Israel Journal of Zoology*, 50: 420–421.
- Bilecenoğlu M, Kaya M, Akalın S 2006. Range expansion of silverstripe blaasop, *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789), to the northern Aegean Sea. *Aquatic Invasions* 1: 289–291.
- Bilecenoğlu M, Kaya M, Eryiğit A 2009. New data on the occurrence of two alien fishes, *Pisodonophis semicinctus* and *Pomadasystridens*, from the Eastern Mediterranean Sea. *Mediterranean Marine Science*, 10: 151–155.
- Bilecenoğlu M, Taşkavak E, Mater S ve ark. 2002. Checklist of the marine fishes of Turkey. *Zootaxa* 113: 1–194.
- Bilecenoğlu M, Alfaya J, Azzurro E ve ark. 2013. New Mediterranean Marine biodiversity records (Decemer, 2013). *Mediterranean Marine Science*, 14(2): 463–480.
- Bilecenoğlu M, Kaya M, Cihangir B, Çiçek E 2014. An updated checklist of the marine fishes of Turkey. *Turkish Journal of Zoology* 38: 901–929.
- Buhan E, Yılmaz H, Morkan Y ve ark. 1997. Güllük ve Gökova Körfezleri için yeni bir av potansiyeli: *Scomberomorus commerson* (Lacepède, 1800) (Pisces - Teleostei). *Akdeniz Balıkçılık Kongresi, Izmir*, pp. 937–944.
- Çınar ME, Bilecenoğlu M, Öztürk B ve ark. 2011. An updated review of alien species on the coasts of Turkey. *Mediterranean Marine Science*, 12: 257–315.
- Copp GH, Bianco PG, Bogutskaya N ve ark. 2005. To be, or not to be, a non-native freshwater fish? *Journal of Applied Ichthyology*, 21: 242–262.
- Engin S, Irmak E, Seyhan D 2016. New record of the thermophilic *Cephalopholis taeniops* (Osteichthyes: Serranidae) in the Aegean Sea, *Zoology in the Middle East*, 62(2): 184–186.
- Eryılmaz L, Özuluğ M, Meriç N 2003. The smooth pufferfish, *Sphoeroides pachygaster* (Müller & Troschel, 1848) (Teleostei: Tetraodontidae), new to the northern Aegean Sea. *Zoology in the Middle East*, 28: 125–126.
- Filiz H, Akçınar SC, Ulutürk E ve ark. 2007. New records of *Bregmaceros atlanticus* (Bregmacerotidae), *Echiodon dentatus* (Carapidae), and *Nemichthys scolopaceus* (Nemichthyidae) from the Aegean Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 37: 107–112.
- Filiz H, Sevingel N, Cerim H ve ark. 2019. First record of the blackbar hogfish, *Bodianus speciosus* (Actinopterygii: Perciformes: Labridae), in the Mediterranean Sea. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 49(4): 399–402.
- Filiz H, Yapıcı S, Bilge G 2012. *Apogon queketti* (Apogonidae) in the Aegean Sea. *Journal of Biological Resources-Thessaloniki*, 18: 297–300.
- Filiz H, Akçınar SC, Irmak E 2014. Occurrence, length-weight and length-length relationships of *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) in the Aegean Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, 30: 415–417.
- Geldiay R 1969. Izmir Körfezinin başlıca balıkları ve muhtemel invasyonları. *Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Monografileri, Izmir*, 135 pp.
- Gulsahin A, Kara A 2013. Record of *Nemipterus randalli* Russell, 1986 from the southern Aegean Sea (Gökova Bay, Turkey). *Journal of Applied Ichthyology*, 29: 933–934.
- Katsanevakis S, Coll M, Piroddi C ve ark. 2014. Invading the Mediterranean Sea: biodiversity patterns shaped by human activities. *Frontiers in Marine Science*, 1: 1–11.
- Katsanevakis S, Poursanidis D, Hoffman R ve ark. 2020. Unpublished Mediterranean records of marine alien and cryptogenic species. *BioInvasions Records*, 9(2): 165–182.
- Kaya M, Mater S, Korkut AY 1998. A new grey mullet species *Mugil so-iuy* Basilewsky (Teleostei: Mugilidae) from the Aegean coast of Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 22: 303–306.

- Kosswig C 1950. Erythraische fische im Mittelmeer und an der grenze der Agais. Syllegomena Biologica, Festschrift Kleinschmidt, 203–212 (in German).
- Mater S 2005. Denizlerimizde yeni bir köpekbalığı: *Alopias superciliosus* (Lowe, 1841). Aquaculture, 1: 10.
- Mytilineou, C., Akel, E. K., Babalı, N ve ark. 2016. New Mediterranean biodiversity records (November, 2016). Mediterranean Marine Science, 17(3): 794-821.
- Okuş E, Sur HI, Yüksek A ve ark. 2004. Datça-Bozburun özel çevre koruma bölgesinin denizsel ve kıyısız alanlarının biyolojik çeşitliliğinin tespiti projesi. Ankara: TC Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı.
- Okuş E, Yüksek A, Yılmaz IN ve ark. 2006. Gökova özel çevre koruma bölgesinin kıyı ve deniz alanlarının biyolojik çeşitliliğinin tespiti projesi. Ankara: TC Çevre ve Orman Bakanlığı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı.
- Papaconstantinou C 1988. Check-list of marine fishes of Greece. Fauna Graeciae IV, Athens: Hellenic Zoological Society.
- Ragkousis, M., Abdelali, N., Azzurro, E ve ark. 2020. New Alien Mediterranean Biodiversity Records (October 2020) Mediterranean Marine Science, 21(3): 631-652.
- Şensurat-Genç T, Seyhan-Öztürk D, Iwatsuki Y 2020. First record of the doublebar seabream, *Acanthopagrus bifasciatus* (Actinopterygii: Perciformes: Sparidae), in the Aegean Sea. Acta Ichthyologica et Piscatoria, 50(1): 97–101.
- Seyhan D, Irmak E, Fricke R 2017. *Diplogrammus randalli* (Pisces: Callionymidae), a new Lessepsian migrant recorded from the Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science, 18(1): 1-3.
- Stamouli, C., Akel, E., Azzurro, E ve ark. 2018. New Mediterranean Biodiversity Records (December 2017). Mediterranean Marine Science, 18(3): 534-556.
- Tarkan AS 2013. Yabancı Tatlısu Balıklarının Dünyada Ve Türkiye’de Giriş Yolları, Etkileri Ve Bunlardan Korunma Yöntemleri, İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 28: 63-104.
- Thessalou-Legaki M, Aydoğan O, Bekas P ve ark. 2012. New Mediterranean biodiversity records (December 2012). Mediterranean Marine Science, 13: 312–327.
- Tortonese E 1947. Ricerche zoologiche nell’isola di Rodi (Mar Egeo). Pesci Boll Pesca Piscic Idrobiol 23: 143–192.
- Turan C, Öztürk B 2015. First record of the lionfish *Pterois miles* (Bennett 1828) from the Aegean Sea. Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment, 20(2): 334-388.
- Yapıcı S, Fricke R, Filiz H 2016. Champsodontids at the gates: first record of *Champsodon vorax* Günther, 1867 from the Aegean Sea (Teleostei: Champsodontidae). Journal of Applied Ichthyology, 32: 120-122.
- Yapıcı S, Filiz H 2019. Biological aspects of two coexisting indigenous and non-indigenous fish species in the Aegean Sea: *Pagellus erythrinus* vs. *Nemipterus randalli*. Mediterranean Marine Science, 20(3): 594–602.
- Zenetos A, Çınar ME, Crocetta F ve ark. 2017. Uncertainties and validation of alien species catalogues: The Mediterranean as an example. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 191: 171-187.



## Current state of art on the stability of the nanofluids

Eren Ozkur <sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0003-1346-1378>), Melda Ozdinc Carpinlioglu <sup>2\*</sup>  
(<https://orcid.org/0000-0002-7531-8000>)

<sup>1</sup>Gaziantep University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, Gaziantep, Turkey.

<sup>2\*</sup>Gaziantep University, Engineering Faculty, Mechanical Engineering Department, Gaziantep, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: melda@gantep.edu.tr

### Abstract

In recent years, a tremendous amount of research has been on-going about the nanofluids due to their ability to improve thermophysical properties of common engineering base fluids. Many experimental studies have been conducted on various applications of nanofluids. In this paper the preparation of nanofluids regarding the used stabilization methodology and related characterization are discussed. The relevant state of art covering the time period from 2010 to 2020 is given as a summary. The confictions and gaps for the basis of an experimental research of the first author's MS thesis are determined.

**Keywords:** Nanofluids preparation, stability, characterization, thermophysical properties.

### INTRODUCTION

Nanofluids have an increasing use in various industrial fields. The main reason is the heat transfer enhancement with even small concentration of nanoparticles changing the thermo-physical properties of the base fluid. Therefore, nanofluids are seen as promising coolants with wide range of application areas such as in automotive cooling (Tzeng et al., 2005), cooling applications (Barret et al., 2013), aerospace and defense cooling (Wen and Ding, 2004), microchips and server cooling (Pantzali et al., 2009). Furthermore, nanofluids have their innovative use in solar devices, optics, friction reduction, and biomedical applications (Maier-Hauff et al., 2007).

Nanofluids are dispersions of nanoparticles in base fluids. Nanotubes, nanorods, nanofibers, nanosheet, droplets and etc., are dispersed in organic or inorganic base fluids. In 1873, Maxwell offered the theoretical basis for predicting the effective conductivity of a suspension. Maxwell's theory was applied to millimeter and micrometer sized particle suspensions (Maxwell, 1891). Richard Feynman underlined the importance of manipulating and controlling materials on a small scale in 1992. In 1995, Choi et al. presented the new concept called nano-fluid with unique properties (Choi et al., 1995). Goldstein et al. added the requirement that the nanoparticles being in colloidal suspensions (Goldstein et al., 2000). Systems in which one component is dispersed in another are called colloids. Any particle with a linear size between 1 nm and 1  $\mu$ m was defined as to be considered a colloid by Hiemenz and Rajagopalan (1997). Zeta potential, particle size, particle aggregation and polydispersity are important criteria for interpreting dispersion properties and stability, affecting the preparation of nanofluids (Saidur et al., 2011). In order to improve the dispersion stability of nanofluids the approaches such as ultrasonic treatment, stirring, introducing surface charges, or chemical surface modification with surfactants are used.

Preparation methods of nanofluids affect stability obviously. Nanoparticle selection is also an important criterion. There are some other points to be considered such as chemical properties, thermo-physical properties, compatibility with the base fluids and cost. We can list as the most widely used are Ag, Al, Cu, Fe, Mg, Si, Ti, Zn (silver, aluminum, copper, iron, magnesium, silicon, titanium, and zinc), graphene, graphene oxide, carbon nanotubes (CNTs), and diamond. Water, oil, and ethylene glycol are frequently used base fluids.

In this paper literature on the preparation and stability of nanofluids covering the time period from 2010 to 2020 is presented in terms of tabular information. The, measurement techniques of stability, stability enhancement of nanofluids and characterizations are considered. The conflicts and gaps are discussed to form the basis of future research.

## PREPARATION OF NANOFLUIDS

Synthesis of nanoparticles and dispersion in a base fluid can be done by two different methods:

### One-step method

The synthesis process of nanoparticles and their disperse in the base fluid are performed concurrently. There are some special techniques. Physical vapor condensation is used for ethylene glycol-based nanofluids with the copper nanoparticles (Eastman et al., 2001). Chemical reduction is used for cuprous oxide nanofluids (Sandhya et al., 2013). Liquid chemical method is known as VEROS (Vacuum Evaporation onto a Running Oil Substrate) which condensing nanophase powders from the vapor phase directly into a flowing low vapor pressure (Ghadimi et al., 2011), and developed by Akoh et al., in 1978. Polyol synthesis is another method by (Patel et al., 2005).

Minimum aggregation and the good colloidal stability are the advantages. The difficulty in scaling nanofluids and the necessity of using low vapor pressure base fluids are the disadvantages.

### Two-step method

Nanoparticles are synthesized and dispersed using ultrasonic agitation, magnetic stirring, homogenizing, mechanical stirring, and ball milling. This method is scalable and low cost, and simple for experimental researches (Ghosh et al., 2012). However, high surface energies of nanoparticles cause aggregation and rapid sedimentation. The method is not suitable for metal nanoparticles.

The advantages and disadvantages of both methods should be determined by using low and high vapor pressure base fluids and metal and non-metal nanoparticles. The operational characteristics of two step method should also be considered as effective variables on the preparation process. A hybrid method should be referred.

## STABILITY OF NANOFLUIDS

Nanofluids are colloidal systems and the stability of these systems is defined by the equilibrium of the suspended particles in the solution. Aggregation and sedimentation phenomena tend to reduce the surface energies of colloids and these phenomena inhibit stability. Aggregation occurs because van der Waals forces (attractive force) are more than repulsive forces (electrostatic forces). Two main mechanisms to counter aggregation: electrostatic and steric stabilization. Electrostatic stabilization is based on mutual electrical repulsion of similar charges (Yu et al., 2017). The easiest way to measure the electrical repulsion between nanoparticles is by measuring the zeta potential. Steric stabilization consists of coating the nanoparticles with surfactants that prevent them from approaching in the range of attractive forces. These two mechanisms attempt to improve the repulsive interaction forces between nanoparticles.

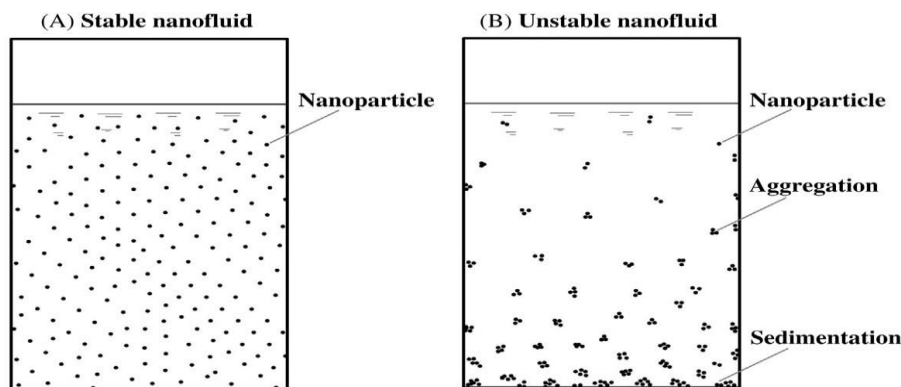
Sedimentation consists of the density difference between nanoparticle and base fluid. The higher the density difference, the higher the sedimentation rate. According to Stokes law, the sedimentation velocity of spherical particles in a stationary state is given as (Hiemenz et al., 1997);

$$V = \frac{2R^2}{9\mu}(\rho_p - \rho_L) \cdot g \quad (1)$$

where V is the sedimentation velocity of the spherical particle; R is the radius of the particle;  $\mu$  is the viscosity of the liquid medium;  $\rho_p$  and  $\rho_L$  are the densities of the particle and the liquid, respectively, and g is the acceleration of the gravity. From the equation, to reduce the sedimentation velocity, the radii of the nanoparticles can be reduced, the viscosity of the base fluid can be increased, or the difference in density between nanoparticles and the base fluid can be reduced.

One theory in colloidal chemistry says that when the nanoparticles are reduced to a critical size,  $R_c$ , means that no sedimentation will occur due to the Brownian motion of the nanoparticles. Brownian motion can be defined as the random motion of nanoparticles suspended in the base fluids.

Stability can be specified as a function of nanoparticle, base fluid, nanoparticle size, nanoparticle concentration, and the method of preparation of the nanofluid.



**Figure 1.** Example of colloidal suspensions (A) stable nanofluid, and (B) unstable nanofluid (Mahbubul, 2018).

A methodology having a link between the discussed stability parameters of sedimentation velocity, a critical size,  $R_c$ , Brownian motion of the nanoparticles should be found.

### **METHODS USED FOR THE STABILITY OF NANOFLUIDS**

#### **Zeta potential analysis**

The stability of a nanofluid is related to the electrokinetic properties of the dispersion. The zeta potential of the dispersion is measured in millivolts using zeta sizer nano device. If the measured zeta potential value is  $> \pm 60\text{mV}$ , it is known that the dispersion stability is excellent, if  $\pm (40 \text{ to } 60) \text{ mV}$  the dispersion stability is good, if  $\pm (30 \text{ to } 40) \text{ mV}$  the dispersion is stable, and if  $< \pm 30\text{mV}$  the dispersion is not stable.

#### **Sedimentation photograph capturing**

Photographs of the prepared nanofluid samples are taken at certain time intervals and these photographs are compared visually and an idea about the stability is obtained. However, this method alone is not sufficient to determine the stability of nanofluids and is often used in combination with other methods.

#### **Spectral analysis**

The variation in sedimentation time can be determined using UV-Vis as spectral analyzers. The size distribution of the nanoparticles can be characterized by the spectrum absorbed due to the optical properties of the nanoparticles such as shape and size.

#### **Light scattering methods**

The light scattering is a widely used technique. One of these techniques is the DLS (dynamic light scattering) technique. DLS measures the particle size, and it is very useful for large sample volumes. DLS gives a measure of the diameter of the nanoparticles with variations in intensity of the scattered laser light. X-ray scattering is another widely used light scattering technique.

#### **Electron microscopy methods**

Scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) are electron microscopes used to talk about the stability of nanofluids. These microscopes are very high resolution and they can capture digital images up to 0.1 nm in size. In these methods, the prepared nanofluids are dried and subjected to several processes and finally they are made suitable for imaging in dry form.

### **CONCLUSION**

In reference to Table 1., and Table 2; a total of 42 experimental researches are listed as one-step and two-step methods. The nanoparticles used in preparing nanofluids are Au, Cu, CuO,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ , ZnO, and CNTs (carbon nanotubes). The size of nanoparticles is between 6-300 nm. Volumetric concentration is between 0.005-22 in volumetric %. The majority of base fluid is water. Although it is known that one-step method is more stable, data on stability are scarce and not reported. The maximum stability time is 12 months.

**Table 1.** Synthesis processes of one-step method

Nanoparticle and Size (nm)	Base Fluid	Particle Concentration (vol.%)	Dispersion Processes	Stability Measurement and Duration	Reference
Cu (50-300)	Water	0.05 to 0.2	Chemical reduction method	- / -	Liu et al., 2006
Cu (30-50)	Water	0.1-0.3	-	TEM, Two Weeks	Kathiravan et al., 2010
CuO (-)	Water	-	Laser ablation for 8 hours	- / -	Lee et al., 2012
CuO (20)	Deionized Water	-	Chemical precipitation	- / -	Manimaran et al., 2014
CuO (-)	Polyvinyl Alcohol	-	Chemical reduction method	UV-Vis spectroscopy, Zeta potential analysis, Sedimentation photographs/ 12 Months	Albert et al., 2020
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (-)	Water	0.5, 1, 3	Homogenization and agitation	- / Two Weeks	Hung et al., 2013
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (20,50,100)	Water	-	Chemical reduction method	- / -	Teng et al., 2010
Au (-)	Water	-	Laser ablation	/ -	Soltaninejad et al., 2013

<b>Table 2.</b> Synthesis processes of two-step method					
Nanoparticle and Size (nm)	Base Fluid	Particle Concentration (vol.%)	Dispersion Processes	Stability Measurement and Duration	Reference
Cu (-)	Deionized Water	9	Laureate salts + Ultrasonic vibration	TEM / 30 Hours	Xuan and Li, 2000
Cu (-)	Transformer Oil	22	Oleic acid + vibration for 10 hours	TEM / 1 Week	Xuan and Li, 2000
Cu (20)	R113	0.1, 0.5, 1	Sodium dodecyl sulfate, cetyltrimethyl-ammonium bromide, and sorbitan monooleate are surfactants. Ultrasonic vibration for 1 hour	Spectral analysis/ 24 Hours	Peng et al., 2011
Cu (10,20)	Distilled Water	0.25, 0.5, 1 (wt) %	High-pressure DC-magnetron sputtering	- / -	Kathiravan et al., 2010
Cu (100)	Water	1 to 5 (wt) %	Ultrasonic batch for 1.5 hours	- / 4 Hours	Riehl and dos Santos, 2012
Cu (40)	Distilled Water	0.5 (wt) %	Ultrasonication for 10 hours	- / 15 Days	Kole and Dey, 2013
CuO (-)	Distilled Water	0.05	Distilled Water	0,05 / 3 Days	Michael and Iniyar, 2015
CuO (-)	Water	-	Water	- / -	Priya et al., 2012
CuO (-)	Oleic acid	1, 1.5, 2	Ultrasonication	- / -	Harikrishnan and Kalaiselvam, 2012
CuO (40)	Ethylene Glycol+Water	-	mixture stirred and agitated thoroughly for 30 minutes	- / -	Karami et al., 2016

**Table 2.** Synthesis processes of two-step method

Nanoparticle and Size (nm)	Base Fluid	Particle Concentration (vol.%)	Dispersion Processes	Stability Measurement and Duration	Reference
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (60.2)	Water	-	Homogenization by magnetic force agitation	- / -	Ly et al., 2014
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (-)	Ethylene Glycol	-	Ultrasonic mixing for several minutes	- / During experiment	Anoop et al., 2009
ZnO (150)	Water	-	Sonication for 10 minutes	- / 1 Year	Soltani et al., 2010
ZnO (210)	Water	-	Sonication	- / -	Suresh et al., 2012
ZnO (-)	Water	-	Ultrasonication for 3 hours	- / -	Suganthi and Rajan, 2012
ZnO (50)	Ethylene Glycol	0.005-0.0375	Ultrasonication for 10 hours	- / -	Kole and Dey, 2012
ZnO (-)	Polyethylene Glycol	-	Sonication	UV-Vis spectrometry, light scattering/ 2 Hours	Zafarani-Moattar et al., 2012
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (-)	Water	-	Sonication for 1 hour	- / 12 Hours	Asadzadeh et al., 2012
Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> (40)	Water	0.02	Magnetic stirring for 1 hour	Sedimentation photographs/ 7 Days	Vermahmoudi et al., 2014
Au (-)	Distilled Water	-	Solution boiled for 10 minutes at 80 °C	- / -	John et al., 2015
CNTs (-)	Water	-	-	Sedimentation photographs / 2 Months	Phuoc et al., 2011

**Table 2.** Synthesis processes of two-step method

Nanoparticle and Size (nm)	Base Fluid	Particle Concentration (vol.%)	Dispersion Processes	Stability Measurement and Duration	Reference
CNTs (-)	Deionized Water	-	-	- / 2 Hours	Xing et al., 2015
CNTs (-)	Glycol	-	Ultrasonic vibration	UV-Vis spectrometry, zeta potential analysis / 2 Months	Meng et al., 2012

There exists a variety of nanoparticles, base fluids and preparation methods which strongly influence the stability of nanofluids. Meanwhile the methodology - measurements to determine stability is not a generally well-accepted manner. The time dependence of nanofluid stability offers a gap to be filled. A hybrid one-two step method for preparation of nanofluid and a stability route sensed by repeatable measurements seems to be the first research topic. Sedimentation photograph capturing, measurement of viscosity of nanofluid, SEM-TEM analysis, as a function of temperature and time are the basic methodology for characterization of nanofluids. The proposed methodology should be simple and a low cost one.

#### REFERENCES

- Akoh H, Tsukasaki Y, Yatsuya S, Tasaki A 1978. Magnetic properties of ferromagnetic ultrafine particles prepared by vacuum evaporation on running oil substrate. *Journal of Crystal Growth*, 45:495–500.
- Albert AA, Samuel DGH, Parthasarathy V, Kiruthiga K 2020. A facile one pot synthesis of highly stable PVA-CuO hybrid nanofluid for heat transfer application. *Chemical Engineering Communications*, 207(3): 319-330.
- Anoop KB, Sundararajan T, Das SK 2009. Effect of particle size on the convective heat transfer in nanofluid in the developing region. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52(9-10): 2189-2195.
- Asadzadeh F, Esfahany MN, Etesami N 2012. Natural convective heat transfer of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/ethylene glycol nanofluid in electric field. *International Journal of Thermal Sciences*, 62(SI): 114-119.
- Barrett TR, Robinson S, Flinders K, Sergis A, Hardalupas Y 2013. Investigating the use of nanofluids to improve high heat flux cooling systems. *Fusion Engineering and Design*, 88(9-10): 2594-2597.
- Choi SUS, Eastman JA 1995. Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles. *Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. 66.
- Duangthongsuk W, Wongwises S 2009. Heat transfer enhancement and pressure drop characteristics of TiO<sub>2</sub>-water nanofluid in a double-tube counter flow heat exchanger. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 52(7-8): 2059-2067.
- Eastman JA, Choi SUS, Li S, Yu W, Thompson LJ 2001. Anomalously increased effective thermal conductivities of ethylene glycol-based nanofluids containing copper nanoparticles. *Applied Physics Letters*, 78(6): 718-720.
- Fotukian SM, Esfahany MN 2010. Experimental study of turbulent convective heat transfer and pressure drop of dilute CuO/water nanofluid inside a circular tube. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37(2): 214-219.
- Ghadimi A, Saidur R, Metselaar HSC 2011. A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 54(17-18): 4051-4068.
- Gharagozloo PE, Goodson KE 2011. Temperature-dependent aggregation and diffusion in nanofluids. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54(4): 797-806.
- Ghosh MM, Ghosh S, Pabi SK 2012. On Synthesis of a Highly Effective and Stable Silver Nanofluid Inspired by Its Multiscale Modeling. *Nanoscience and Nanotechnology Letters*, 4(8): 843-848.

- Goldstein RJ, Joseph DD, Pui DH 2000. Convective Heat Transport in Nanofluids, proposal, Faculty of Aerospace Engineering and Mechanics, University of Minnesota, Minnesota.
- Hamid AK, Azmi WH, Mamat R, Usri NA, Najafi G 2015. Effect of titanium oxide nanofluid concentration on pressure drop. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(17): 7815–7820.
- Harikrishnan S, Kalaiselvam S, 2012. Preparation and thermal characteristics of CuO-oleic acid nanofluids as a phase change material. *Thermochimica Acta*, 533: 46-55.
- Hiemenz P, Rajagopalan R 1997. Principles of Colloid and Surface Chemistry, Revised and Expanded. Boca Raton: CRC Press, <https://doi.org/10.1201/9781315274287>.
- Hung YH, Teng TP, Lin BG 2013. Evaluation of the thermal performance of a heat pipe using alumina nanofluids. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 44: 504-511.
- John J, Thomas L, Kumar BR, Kurian A, George SD 2015. Shape dependent heat transport through green synthesized gold nanofluids. *Journal of Physics D-Applied Physics*, 48(33).
- Kannadasan N, Ramanathan K, Suresh S 2012. Comparison of heat transfer and pressure drop in horizontal and vertical helically coiled heat exchanger with CuO/water based nano fluids. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 42: 64-70.
- Karami M, Akhavan-Behabadi MA, Dehkord MR, Delfani S 2016. Thermo-optical properties of copper oxide nanofluids for direct absorption of solar radiation. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 144: 136-142.
- Kathiravan R, Kumar R, Gupta A, Chandra R 2010. Preparation and pool boiling characteristics of copper nanofluids over a flat plate heater. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 53(9-10): 1673-1681.
- Kavitha T, Rajendran A, Durairajan A 2012. Synthesis, characterization of TiO<sub>2</sub> nano powder and water based nanofluids using two step method. *European Journals of Applied Engineering and Scientific Research*, 1(4): 235-240.
- Kayhani MH, Soltanzadeh H, Heyhat MM, Nazari M, Kowsary F 2012. Experimental study of convective heat transfer and pressure drop of TiO<sub>2</sub>/water nanofluid. *International Communications in Heat And Mass Transfer*, 39(3): 456-462.
- Kole M, Dey TK 2012. Thermophysical and pool boiling characteristics of ZnO-ethylene glycol nanofluids. *International Journal of Thermal Sciences*, 62(SI): 61-70.
- Kole M, Dey TK 2013. Thermal performance of screen mesh wick heat pipes using water-based copper nanofluids. *Applied Thermal Engineering*, 52(1): 763-770.
- Lee SW, Park SD, Bang IC 2012. Critical heat flux for CuO nanofluid fabricated by pulsed laser ablation differentiating deposition characteristics. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(23-24): 6908-6915.
- Levin ML, Miller MA 1981. Maxwell a treatise on electricity and magnetism. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*, 135(3): 425-440.
- Liu MS, Lin MCC, Tsai CY, Wang CC 2006. Enhancement of thermal conductivity with Cu for nanofluids using chemical reduction method. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 49(17-18): 3028-3033.
- Lv YZ, Zhou Y, Li CR, Wang Q, Qi B 2014. Recent Progress in Nanofluids Based on Transformer Oil: Preparation and Electrical Insulation Properties. *IEEE Electrical Insulation Magazine*, 30(5): 23-32.
- Mahbubul IM 2018. Preparation, characterization, properties, and application of nanofluid, Elsevier Science, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813245-6.00003-4>.
- Maier-Hauff K, Rothe R, Scholz R, Gneveckow U, Wust P, Thiesen B, Feussner A, von Deimling A, Waldoefner N, Felix R, Jordan A 2007. Intracranial thermotherapy using magnetic nanoparticles combined with external beam radiotherapy: Results of a feasibility study on patients with glioblastoma multiforme. *Journal of Neuro-Oncology*, 81(1): 53-60.
- Manimaran R, Palaniradja K, Alagumurthi N, Sendhilmathan S, Hussain J 2014. Preparation and characterization of copper oxide nanofluid for heat transfer applications. *Applied Nanoscience*, 4(2): 163-167.
- Meng ZG, Wu DX, Wang LG, Zhu HT, Li QL 2012. Carbon nanotube glycol nanofluids: Photo-thermal properties, thermal conductivities and rheological behaviour. *Particuology*, 10(5): 614-618.
- Michael JJ, Iniyani S 2015. Performance analysis of a copper sheet laminated photovoltaic thermal collector using copper oxide-water nanofluid. *Solar Energy*, 119: 439-451.
- Pantzali MN, Mouza AA, Paras SV 2009. Investigating the efficacy of nanofluids as coolants in plate heat exchangers (PHE). *Chemical Engineering Science*, 64(14): 3290-3300.



- Patel K, Kapoor S, Dave DP, Mukherjee T 2005. Synthesis of nanosized silver colloids by microwave dielectric heating. *Journal of Chemical Sciences*, 117(1): 53-60.
- Peng H, Ding GL, Hu HT 2011. Effect of surfactant additives on nucleate pool boiling heat transfer of refrigerant-based nanofluid. *Experimental Thermal and Fluid Science*, 35(6): 960-970.
- Phuoc TX, Massoudi M, Chen RH 2011. Viscosity and thermal conductivity of nanofluids containing multi-walled carbon nanotubes stabilized by chitosan. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(1): 12-18.
- Priya KR, Suganthi KS, Rajan KS 2012. Transport properties of ultra-low concentration CuO-water nanofluids containing non-spherical nanoparticles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(17-18): 4734-4743.
- Qu J, Wu HY, Cheng P 2010. Thermal performance of an oscillating heat pipe with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-water nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37(2): 111-115.
- Riehl RR, dos Santos N 2012. Water-copper nanofluid application in an open loop pulsating heat pipe. *Applied Thermal Engineering*, 42: 6-10.
- Saidur R, Leong KY, Mohammed HA 2011. A review on applications and challenges of nanofluids. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3): 1646-1668.
- Sajadi AR, Kazemi MH 2011. Investigation of turbulent convective heat transfer and pressure drop of TiO<sub>2</sub>/water nanofluid in circular tube. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38(10): 1474-1478.
- Sandhya SU, Nityananda SA 2013. A Facile One Step Solution Route to Synthesize Cuprous Oxide Nanofluid. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 3: Article Number: 5.
- Soltani S, Etemad SG, Thibault J 2010. Pool boiling heat transfer of non-Newtonian nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 37(1): 29-33.
- Soltaninejad S, Husin MS, Sadrolhosseini AR, Zamiri R, Zakaria A, Moxsin MM, Gharibshahi E 2013. Thermal diffusivity measurement of Au nanofluids of very low concentration by using photoflash technique. *Measurement*, 46(10): 4321-4327.
- Suganthi KS, Rajan KS 2012. Temperature induced changes in ZnO-water nanofluid: Zeta potential, size distribution and viscosity profiles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55(25-26): 7969-7980.
- Suresh S, Selvakumar P, Chandrasekar M, Raman VS 2012. Experimental studies on heat transfer and friction factor characteristics of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water nanofluid under turbulent flow with spiraled rod inserts. *Chemical Engineering and Processing-Process Intensification*, 53: 24-30.
- Teng TP, Hung YH, Teng TC, Mo HE, Hsu HG 2010. The effect of alumina/water nanofluid particle size on thermal conductivity. *Applied Thermal Engineering*, 30(14-15): 2213-2218.
- Tzeng SC, Lin CW, Huang KD 2005. Heat transfer enhancement of nanofluids in rotary blade coupling of four-wheel-drive vehicles. *Acta Mechanica*, 179(1-2): 11-23.
- Vermahmoudi Y, Peyghambarzadeh SM, Hashemabadi SH, Naraki M 2014. Experimental investigation on heat transfer performance of Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/water nanofluid in an air-finned heat exchanger. *European Journal of Mechanics B-Fluids*, 44: 32-41.
- Wen DS, Ding YL 2004. Experimental investigation into convective heat transfer of nanofluids at the entrance region under laminar flow conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(2): 5181-5188.
- Xie HQ, Chen LF 2009. Adjustable thermal conductivity in carbon nanotube nanofluids. *Physics Letters A*, 373(21): 1861-1864.
- Xing MB, Yu JL, Wang RX 2015. Experimental study on the thermal conductivity enhancement of water based nanofluids using different types of carbon nanotubes. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 88: 609-616.
- Xuan Y, Li Q 2000. Heat transfer enhancement of nanofluids. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 21(1): 58-64.
- Yang XF, Liu ZH 2011. Pool boiling heat transfer of functionalized nanofluid under sub-atmospheric pressures. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(12): 2402-2412.
- Yu F, Chen YY, Liang XB, Xu JL, Lee CS, Liang Q, Tao P, Deng T 2017. Dispersion stability of thermal nanofluids. *Progress in Natural Science-Materials International*, 27(5): 531-542.
- Zafarani-Moattar MT, Majdan-Cegincara R 2012. Effect of temperature on volumetric and transport properties of nanofluids containing ZnO nanoparticles poly (ethylene glycol) and water. *Journal of Chemical Thermodynamics*, 54: 55-67.

## Effect of Different Fiber Types on Stress-Strain Curves of the Calcium Aluminate Cement Based Mortars

Murat Saydan\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3598-468X>), Ulku Sultan Keskin  
(<https://orcid.org/0000-0003-3598-468X>)

Konya Technical University, Engineering and Nature Science Faculty, Civil Eng. Dep., Konya, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: msaydan@ktun.edu.tr

### Abstract

Portland cement is the basis of many structural mortars in this day and time. Portland Cement based structural materials, which basic behavior has been well known for decades, can be used in different areas with different additives. On the other hand, calcium aluminate cements were started to be produced for the needs of the refractory industry in recent years. However, it was seen that calcium aluminate cements have a higher resistance to many durability problems compared to Portland cement. Nowadays, calcium aluminate cements have started to be researched and used in technical mortars such as self-leveling screeds and repair mortars. In this study, a ternary mixture was formed with Secar 51 calcium aluminate cement from Kerneos, hemihydrate and silica fume. Micro and macro fibers in different types and sizes were stirred with this mixture. The beam specimens with 50 \* 75 \* 360 mm dimensions were prepared with the mixes. After demolding, the beam specimens were cured with water for 28 days. The four-point bending test was performed on specimens and the stress-strain curves were examined.

**Keywords:** calcium aluminate cement, beam, four point bending, stress-strain.

### INTRODUCTION

Calcium aluminate cement (CAC) is a type of cement produced using Bauxite and Limestone. The main difference from Portland Cement (PC) is the difference in the main oxides formed during the cementing process. While the main oxides in the PC are  $C_2S$ ,  $C_3S$ ,  $C_3A$ , the main oxide in the CAC is CA. The percentage of CA changes depending on the amount of bauxite used in the production of CAC.

CAC has many advantages over PC such as early age high strength, temperature resistance, superior durability against environmental conditions etc. The biggest disadvantage of CAC is that the strength decreases due to the conversion reactions that usually occur in older ages. As a result of the conversion reactions, high porosity matrix structure occurs in the systems formed with pure CAC. In order to prevent these strength decreases, the design of the systems known as "ternary systems", where the positive features of the CAC can be preserved and the negative features are tried to be limited and improved by mixing different materials, has gained importance in recent years. At this point, the important thing is to provide an improvement in the negative features of CAC without removing the advantages such as early strength and durability. The most commonly used and researched system as ternary systems are the systems in which calcium sulphate (C\$) and PS are used together. In such a ternary system, the C\$ in the PC and the CA in the CAC rapidly react and form the ettringite structure (Evju and Hansen 2001, Evju and Hansen 2005). This ettringite structure continues to form for 7 days if sufficient amount of C\$ and CA ions are present in the mixture. However, if there is not enough C\$ in the mixture, a rapid setting occurs due to the rapid reaction of  $C_3A$  in the PC (Scrivener and Capmas 1998). For this reason, setting time can be very short in a mixture of CAC-PC-C\$ that is not well adjusted (5-10 min). In addition, the hydration properties of the ternary systems containing the CAC depend on different factors as a result of the hydration of the CAC mentioned above. Especially the formation of the dominant hydration phases of CAC differs in the addition of PC and C\$. In addition, different curing temperatures and curing conditions also affect these hydration products. Li, Zhang et al. (2016) claims that the compressive strength of samples were continuously increased treated with 60-80 °C steam curing. However, when the samples cured in the furnace at approximately the same temperatures, although their compressive strength was high under the temperature, when they were taken from the furnace under normal curing conditions and kept for a few days, significant decreases in their compressive strength occurred. This result shows the importance of ettringite formation and stability of formed ettringite in such ternary systems (Evju and Hansen 2001, Christensen, Jensen et al. 2004, Xu, Wang et al. 2012).

Recent research has focused especially on improving the stability of ettringitic systems. For this purpose, it has been suggested to use pozzolanas that contain both amorphous silica and calcium oxide, such as fly ash and granulated blast furnace slag, instead of PC in ternary systems (Singh, Majumdar et al. 1999, Ioannou, Reig et al. 2014, Li, Zhang et al. 2016). Studies have been showed that using such a pozzolan instead of a PC increases the stability of ettringite in the absence of an unstable phase such as C<sub>3</sub>A (Ding, Fu et al. 1995, Fernandez-Carrasco, Torrens-Martin et al. 2012, Martínez-Ramírez and Fernández-Carrasco 2012).

In this study, early high strength ternary mixtures were produced. In addition, various fibers were added to these mixture and the displacement of the mortars was examined in bending force. Thus, the efficiency of the same proportion of fibers in CAC-based high early strength ternary systems was examined..

## MATERIALS AND METHODS

The ternary mixture was prepared with Secar 51 (Kerneos Inc.), Alpha Hemihydrate (Nuh Alçı Inc.) and Silica Fume (ETİ Ferrochrome-Antalya). The XRF results of the raw materials given in table 1. Four different fibers, sika ppm12, sika force 60, dramix 4D, dramix 5D are added to the prepared mixtures at the same ratio by weight. In addition to these, one non fiber reference sample was prepared. The properties of the fibers are given in the table 2.

**Table 3.** XRF Analysis Results of Raw Materials

Mineral (by wt%) - Material	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SO <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SrO
Secar 51	37.4	48	0.07	5.17	4.62	2.30	1.48	0.321	0.245	0.110	0.04
α-Hemihyd	41		54	4.34	0.185						0.213
Silica Fume	0.59	0.58	1.65	8.01	67.5		0.77	10.8	3.42		
Aggregate	61	0.170	0.01	38.4	0.247			0.065			

**Table 2.** Properties of Used Fibers

Fiber Name	Material	Dia. (mm)	Length (mm)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Tensile Strength (MPa)	Elastic Modulus (MPa)
Sika ppm 12	Polypropylene	0.01	12	0.91	600-700	3000-3500
Sika Force 60	Polyolefine	0.84	60	0.91	430	6000
Dramix 4D	Steel	0.92	60	6.75	1450	200000
Dramix 5D	Steel	0.92	60	6.91	2300	200000

Preparation of the samples was done according to the following procedure. Firstly, dry binder mixed together for 2 min. Then water with chemical reducer (SİKA PC100) was added to dry binder and mixed for 30 sec. low 1.5 min. fast speeds in laboratory mixer. After the paste was prepared, aggregate added and mixed 2 min in moderate speed. Lastly fiber was added and mixed in high speed. The Mixing ratios and specimen names was given in table 3.

**Table 3.** Mixing ratios and specimen names

Specimen Name	Secar 51 (%wt)	α-Hemihydrate (% wt)	Silika Fume (% wt)	Water/binder (% wt)	Water reducer (% wt)	Binder/agg. (% wt)	Fiber name and ratio by wt (wt% by binder)
B_Ref	70	20	10	0.3	2	0.5	No fiber
S_ppm	70	20	10	0.3	2	0.5	Sika ppm 12 / 1 %
S_force	70	20	10	0.3	2	0.5	Sika Force 60 / 1 %
Drm_5D	70	20	10	0.3	2	0.5	Dramix 5D / 1 %
Drm-4D	70	20	10	0.3	2	0.5	Dramix 4D / 1 %

50\*75\*360 mm prismatic molds were used for 4-point flexural strength test. After the mixtures was prepared, the fresh mortars were molded in prismatic molds. At the end of the setting time, the specimens were demolded and cured in water at  $22\pm 1$  °C temperature. The four-point flexural strength test was performed at 28th day in test setup (Figure 1).

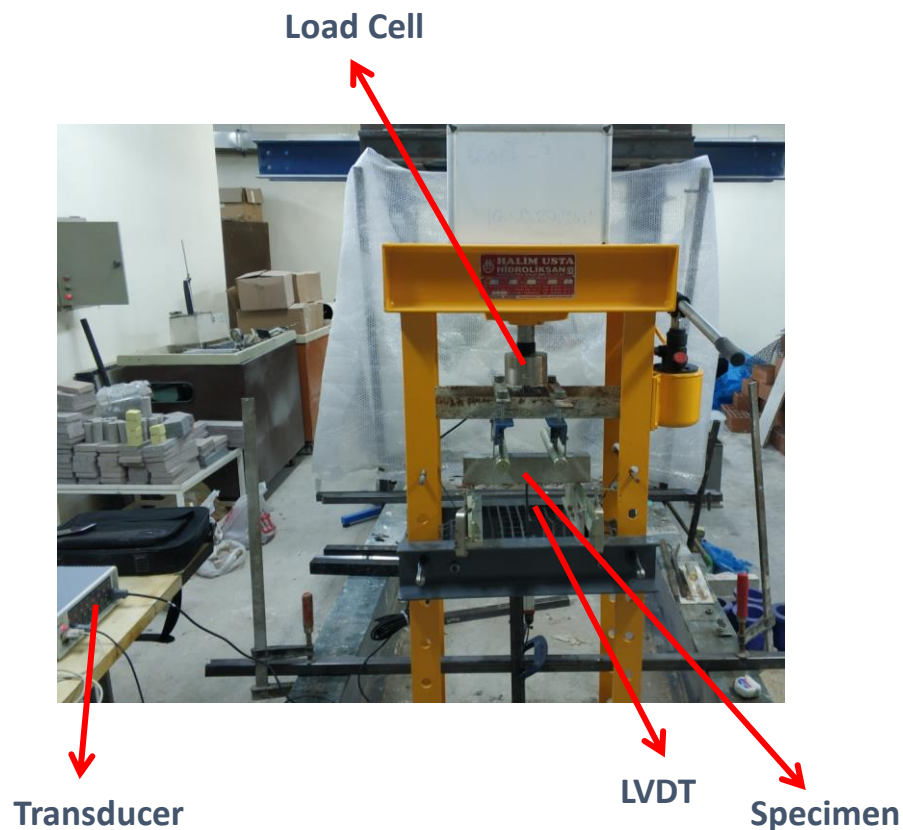


Figure 1. The Four-Point Flexural Strength Test Setup

## RESULTS and DISCUSSION

The force-displacement graph of the specimens which tested four-point flexural strength test setup were given in figure 2.

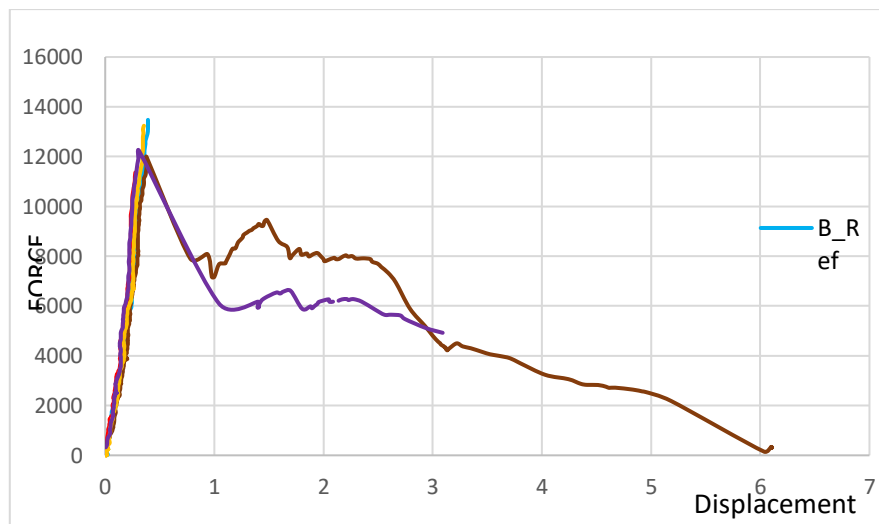


Figure 2. Load-Displacement Curves of the Specimens

As can be seen from the graph, crack initiation points are very close to each other in all samples. After the first crack, B\_Ref, S\_ppm and Drm-4D specimens were completely failure, while Drm\_5D and S\_force specimens were continued to bear load. In the Drm\_5D specimen the load carrying capacity was reduced by about half after the first crack. However, the load carrying capacity decreased less in S\_force than Drm\_5D.

## CONCLUSION

As can be seen from the graph;

1. Specimens with sika ppm 12 and dramix 4d additive do not increase ductility
2. When the look at force-displacement curves of the specimens it is clearly seen that sika force 60 and dramix 5D fibers were continued to bear load after the first crack.
3. S\_force was showed the highest ductility among all samples.
4. In addition to this, it is also seen that sika force 60 and dramix 5D were bridged the cracks that occur more than once.

According to these results, it is evaluated that the use of sika force 60 and dramix 5D could increase the ductility of ternary system mortars for used special works as repair, road covering etc. In addition, it is thought that the lack of any effect of samples containing sika ppm 12 and dramix 4d is due to the use at low dosage of fibers. In further studies, it is considered to repeat the study by using different dosages of fibers.

## REFERENCES

- Christensen, A. N., T. R. Jensen and J. C. Hanson (2004). "Formation of ettringite,  $\text{Ca}_6\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_{12}$  center dot  $26\text{H}_2\text{O}$ , AFt, and monosulfate,  $\text{Ca}_4\text{Al}_2\text{O}_6(\text{SO}_4)$  center dot  $14\text{H}_2\text{O}$ , AFm-14, in hydrothermal hydration of Portland cement and of calcium aluminum oxide - calcium sulfate dihydrate mixtures studied by in situ synchrotron X-ray powder diffraction." Journal of Solid State Chemistry **177**(6): 1944-1951.
- Ding, J., Y. Fu and J. J. Beaudoin (1995). "Strätlingite formation in high alumina cement - silica fume systems: Significance of sodium ions." Cement and Concrete Research **25**(6): 1311-1319.
- Evju, C. and S. Hansen (2001). "Expansive properties of ettringite in a mixture of calcium aluminate cement, Portland cement and  $\beta$ -calcium sulfate hemihydrate." Cement and Concrete Research **31**(2): 257-261.
- Evju, C. and S. Hansen (2005). "The kinetics of ettringite formation and dilatation in a blended cement with beta-hemihydrate and anhydrite as calcium sulfate." Cement and Concrete Research **35**(12): 2310-2321.
- Fernandez-Carrasco, L., D. Torrens-Martin and S. Martinez-Ramirez (2012). "Carbonation of ternary building cementing materials." Cement & Concrete Composites **34**(10): 1180-1186.
- Ioannou, S., L. Reig, K. Paine and K. Quillin (2014). "Properties of a ternary calcium sulfoaluminate-calcium sulfate-fly ash cement." Cement and Concrete Research **56**: 75-83.
- Li, G., A. Zhang, G. Zhang and T. Tian (2016). "Study on a high strength ternary binder cured under different conditions." Construction and Building Materials **107**: 385-393.
- Martínez-Ramírez, S. and L. Fernández-Carrasco (2012). "Carbonation of ternary cement systems." Construction and Building Materials **27**(1): 313-318.
- Scrivener, K. L. and A. Capmas (1998). 13 - Calcium Aluminate Cements A2 - Hewlett, Peter C. Lea's Chemistry of Cement and Concrete (Fourth Edition). Oxford, Butterworth-Heinemann: 713-782.
- Singh, B., A. J. Majumdar and K. Quillin (1999). "Properties of BRECEM: Ten-year results." Cement and Concrete Research **29**(3): 429-433.
- Xu, L. L., P. M. Wang and G. F. Zhang (2012). "Formation of ettringite in Portland cement/calcium aluminate cement/calcium sulfate ternary system hydrates at lower temperatures." Construction and Building Materials **31**: 347-352.

## Sub-kritik etanol ve hidrodestilasyon ekstraksiyonları ile farklı bölgelere ait defne (*Laurus nobilis* L.) yapraklarının kimyasal kompozisyonun kıyaslanması

Mehmet Erşatır<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1077-0626>), Murat Türk<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/..0000-0001-8008-7959>)

\*1Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü, Adana, TÜRKİYE

2Çukurova Üniversitesi Ceyhan Meslek Yüksekokulu, Adana, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar e-mail: mehmetersatir8@gmail.com

### Özet

Lauraceae familyasından olan Defne(*Laurus nobilis* L.), yemek pişirmede ve uçucu yağları parfüm endüstrisinde yaygın kullanıldığı gibi, uçucu yağları antibakteriyel ve antimikrobiyal özelliğe sahip olduğu bilinmektedir. Farklı şehirlerden (Muğla, Bursa, Kastamonu) hasat edilmiş defne yaprakları sub-kritik etanol (sbkEtOH) ve hidro destilasyon (HD) ile ekstrakte edilmiştir. Elde edilen ekstraktların kimyasal kompozisyonu GC-MS cihazı ile analiz edilmiştir. Kompozisyona göre bölgesel farklılıkların ve ekstraksiyon yönteminin etkisinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. HD yöntemi elde edilen uçucu yağ verimi en yüksek Muğla ili iken, en düşük Bursa ilinin olduğu belirlenmiştir. Temel bileşenlerden 1,8-Cineole miktarı HD yöntemi ile elde edilen ekstraktlarda, sbkEtOH ile elde edilen ekstraktlarına göre oldukça yüksek miktarda olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** defne (*Laurus nobilis*), subkritik etanol, hidro destilasyon, 1,8-Cineole

### Comparison of the chemical composition of sub-critical ethanol and hydrodistillation extractions and Laurel (*Laurus nobilis* L.) leaves from different regions

#### Abstract

Bay (*Laurus nobilis* L.), a family of Lauraceae, is known to have antibacterial and antimicrobial properties as essential oils are widely used in cooking and essential oils in the perfume industry. Bay leaves harvested from different cities (Muğla, Bursa, Kastamonu) were extracted by subcritical ethanol (sbkEtOH) and hydro distillation (HD). The chemical composition of the extracts obtained was analyzed with the GC-MS device. It is aimed to evaluate the regional differences and effects of the extraction method according to the composition. Essential oil yield was highest in Muğla and the lowest in Bursa with HD method. The amount of 1,8-Cineole, one of the main components, was found to be significantly higher in extracts obtained by the HD method compared to extracts obtained by sbkEtOH.

**Keywords:** laurel (*Laurus nobilis*), subcritical ethanol, hydro distillation, 1,8-Cineole

### GİRİŞ

Defne(*Laurus nobilis* L.) çeşitli aromatik ve tıbbi bitkileri içeren Lauracea familyasındandır. Akdeniz bölgesine ait bir bitki olarak bilinir. Ancak Türkiye’de Muğla, Bursa ve Kastamonu illerinde de yetiştirilmektedir. Ülkemizin en çok ihraç ettiği bitki olan defne yaprakları yemek pişirmede ve uçucu yağları parfüm endüstrisinde yaygın kullanılmaktadır (Taban ve ark., 2018; Muniz-Marquez ve ark., 2018). Ayrıca uçucu yağları antibakteriyel ve antimikrobiyal özelliğe sahiptir (Yılmaz ve ark., 2013; Ozcan, 2001).

Tıbbi ve aromatik bitkilerin aktif bileşenleri çeşitli teknikler kullanarak ekstrakte edilir. Bu amaçla kullanılan yaygın yöntemler; maserasyon (ıslatma), demleme, sızdırma, parçalama, Soxhlet ekstraksiyonu, organik çözücülerle ekstraksiyon, mikrodalga yardımıyla ekstraksiyon, süperkritik akışkan ekstraksiyonu, ultrasonik ekstraksiyon ve hidroflorokarbon çözücülerle ekstraksiyondur. Aromatik bitkiler için hidro destilasyon (su, buhar ve su-buhar destilasyonları), sulu maserasyon en yaygın olarak uygulanan yöntemlerdir. Çok daha yeni teknikler ise, katı-faz mikro ekstraksiyon, protoplast ekstraksiyon, mikrodestilasyon, termomikro destilasyon ve moleküler destilasyondur (Türk, 2010).

Son yıllarda süperkritik akışkan ile ekstraksiyon kullanılmaya başlanmıştır. Bu alanda en yaygın kullanılan çözücü CO<sub>2</sub>’dir. Subkritik çözücüler ise son birkaç yıl içinde araştırmacılar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Etanol güvenilir bir çözücü olması, suya göre düşük kritik sıcaklığa sahip olması, polaritesinin

CO<sub>2</sub>'ye göre yüksek olması ve daha az korozif özellik göstermesi nedeniyle bitki ekstraksiyonunda alternatif olmaya adaydır (Türk, 2010).

Bu çalışmanın amacı, farklı illerden hasat edilmiş Defne (*Laurus nobilis*) yapraklarından subkritik etanol ve geleneksel yöntemlerden hidro destilasyon yöntemi ile elde edilen ekstraktların kompozisyonlarına göre hem bölgesel değerlendirme hem de ekstraksiyon yönteminin değerlendirilmesidir.

## MATERYAL VE METOD

### Hidro Destilasyon ile Bitki Ekstraksiyonu (HD)

Her bölgeye ait 50 g kurutulmuş bitki yaprakları Neo-clevenger aparatında su buharı destilasyon yöntemi ile 3 saat süreyle ekstrakte edilmiştir.

### Sub-kritik Etanol Yöntemiyle Bitki Ekstraktlarının Hazırlanması (sbk-EtOH)

Ekstraksiyon hücresi 2.0 g örnekle doldurulduktan sonra fırın içine yerleştirilmiştir, bir HPLC pompası yardımıyla, istenilen basınçta gazı giderilmiş etanol 2 ml/dk akış hızında hücreye gönderilmiştir. 30 dk süreyle statik ekstraksiyon ve ardından 20 dk dinamik ekstraksiyonla örnek toplanmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Üç farklı ilden hasat edilen defne yapraklarının HD yöntemiyle elde edilen uçucu yağlarının verimi Tablo 1.'de verilmiştir. 0.83-1.68 aralığında uçucu yağ verimi değişiklik göstermiştir. En yüksek uçucu yağ verimi 1.68 ile Muğla iline ait olduğu belirlenmiştir.

**Tablo 1.** Farklı Bölgelerden hasat edilmiş Defne yapraklarının HD yöntemiyle elde edilen uçucu yağlarının verimleri

Defne ( <i>Laurus Nobilis</i> )'nin Hasat Edildiği Bölge	Yüzde (ml/100 g Defne)
Bursa	0.83
Kastamonu	1.08
Muğla	1.68

3 farklı ilden elde edilen defne yapraklarının kimyasal içeriklerinde 49 farklı bileşik tespit edilmiştir. Defne yapraklarının Sbk-EtOH ve HD yöntemiyle elde edilen ekstraktların kimyasal kompozisyonu GC-MS cihazı ile belirlenmiştir (Tablo 2). Sonuçlar bileşenlerin bağıl bolluklarına göre verilmiştir. Bu sonuçlara göre seçilen çözücü, seçilen ekstraksiyon metodu ve farklı bölgelerin iklim, toprak yapısı vb. etmenler yağ içeriğinden elde edilen bileşenlerin çeşidini ve miktarını etkilemektedir. Her iki ekstraksiyon yönteminde de ana bileşen 1,8-Cineole olmasına rağmen, sbk-EtOH yöntemine göre, HD yönteminde yaklaşık 2 kat yüksek değere sahip olduğu gözlenmiştir. Ana bileşen olan 1.8-cineole sbk-EtOH ekstraksiyonu ile en yüksek %44.52 ile Bursa ilinden toplanan yapraklarda gözlenirken, HD yöntemiyle yapılan ekstraksiyonda ise en yüksek %64.96 ile Muğla iline ait yapraklardan elde edilmiştir. 1.8-cineole'den sonra en yüksek component  $\alpha$ -terpinenil asetat ise her iki yöntemle de en yüksek Kastamonu iline ait yapraklardan elde edilmiştir. HD yöntemine göre, sbk-EtOH yönteminde ise  $\alpha$ -Pinene, Sabinene,  $\beta$ -Pinene ve p-Cymene gibi temel bileşenlerin yaklaşık 4-10 kat yüksek olduğu gözlenmiştir. Bölgenin farklı şehirlerine ait defne ekstraktlarında farklı kimyasal kompozisyon gözlenmiştir.

**Tablo 2.** Farklı bölgelerden hasat edilmiş Defne yapraklarının sbk-EtOH ve HD yöntemiyle elde edilen ekstraktlarının kompozisyonu

RT	Compounds	SbkEtOH			HD		
		Muğla (%)	Bursa (%)	Kastamonu (%)	Muğla (%)	Bursa (%)	Kastamonu (%)
13.59	$\alpha$ -Thujene	0.98	0.76	1.03	0.10	0.15	0.37
13.97	<b><math>\alpha</math>-Pinene</b>	<b>6.20</b>	<b>5.28</b>	<b>9.27</b>	<b>0.80</b>	<b>1.37</b>	<b>2.52</b>
14.74	Camphene	0.21	0.93	1.98	...	...	0.15
15.71	<b>Sabinene</b>	<b>8.16</b>	<b>6.36</b>	<b>10.19</b>	<b>0.13</b>	<b>1.73</b>	<b>1.96</b>
16.00	<b><math>\beta</math>-pinene</b>	<b>5.17</b>	<b>4.27</b>	<b>7.56</b>	<b>0.83</b>	<b>1.42</b>	<b>2.28</b>
16.34	$\beta$ -Myrcene	...	...	0.18	0.18	0.16	0.42
17.25	$\alpha$ -Phellandrene	...	0.16	0.40	0.10	...	0.15
17.76	$\alpha$ -Terpinene	0.36	0.27	0.31	0.31	0.24	0.89
18.13	<b>p-Cymene</b>	<b>2.39</b>	<b>2.27</b>	<b>3.51</b>	<b>0.77</b>	<b>1.59</b>	<b>0.63</b>
18.36	Limonene	1.39	0.91	2.8	0.31	0.34	0.60
18.55	<b>1.8-Cineol</b>	<b>39.78</b>	<b>44.52</b>	<b>29.66</b>	<b>64.96</b>	<b>59.85</b>	<b>45.7</b>
19.73	$\gamma$ -Terpinene	0.9	0.65	0.8	0.70	0.36	1.47
20.36	Sabinene Hydrate	...	...	...	...	0.19	0.15
21.08	Terpinolene	...	...	...	0.15	0.12	0.36
21.64	Linalool	...	0.22	...	1.11	1.65	1.4
21.85	$\beta$ -Terpineol	...	0.2	...	...	0.16	0.13
22.84	Verbenol	...	...	...	0.10	0.12	0.2
23.11	p-Menth-2-en-1-ol	...	0.38	0.26	0.15	...	...
23.85	Pinocarveol	...	...	...	0.74	0.37	0.22
24.58	Sabinene hydrate	...	0.29	0.19	0.1	0.1	0.1
24.89	Pinocarvone	...	...	...	0.56	0.28	...
25.21	$\delta$ -Terpineol	...	...	...	0.34	0.49	0.45
25.73	4-Terpineol	0.65	1.07	0.81	6.51	5.57	6.84
26.04	Isocarveol	...	...	...	0.48	0.32	0.11
26-38	$\alpha$ -Terpineol	1.72	1.15	1.01	0.56	1.63	1.8
26.49	Myrtenal	...	...	...	0.55	0.31	0.12
30.52	Bornyl acetate	0.37	0.31	0.33	0.13	0.21	0.24
31.79	<b><math>\delta</math>-Terpinyl acetate</b>	<b>1.37</b>	<b>0.98</b>	<b>1.04</b>	<b>0.63</b>	<b>0.65</b>	<b>0.93</b>
33.26	<b><math>\alpha</math>-Terpinenyl acetate</b>	<b>15.67</b>	<b>19.11</b>	<b>23.69</b>	<b>7.74</b>	<b>11.06</b>	<b>17.67</b>
33.60	Geranyl acetate	...	0.3	0.64	3.02	1.61	3.81
34.45	$\alpha$ -Copaene	...	1.11	0.62	...	0.12	...
35.24	<b><math>\beta</math>-Elemene</b>	<b>...</b>	<b>1.69</b>	<b>3.94</b>	<b>0.17</b>	<b>0.30</b>	<b>0.37</b>
35.57	Methyl eugenol	0.69	0.31	0.56	3.36	1.07	2.44



36.69	trans-Caryophyllene	0.88	1.49	4.76	...	0.11	0.3
38.95	$\gamma$ -Muurolene	0.62	0.27	0.31	...	...	...
39.73	$\beta$ -Selinene	0.57	0.78	0.42	...	...	...
40.05	Azulene	...	0.23	0.2	...	...	...
40.83	$\gamma$ -cadinene	...	1.1	1.05	...	...	...
41.03	$\delta$ -cadinene	...	0.2	0.3	...	...	...
43.79	Spathulenol	...	...	...	0.13	...	0.1
43.99	<b>Caryophyllene oxide</b>	<b>1.44</b>	<b>2.34</b>	<b>1.77</b>	<b>0.50</b>	<b>1.09</b>	<b>1.19</b>
45.89	Junipene	...	0.45	0.36	...	0.1	0.11
46.68	<b><math>\beta</math>-Eudesmol</b>	<b>1.04</b>	<b>2.3</b>	<b>1.19</b>	<b>0.15</b>	<b>0.48</b>	<b>0.74</b>
<b>Toplam Geri Kazanım</b>		<b>97.02</b>	<b>97.05</b>	<b>96.92</b>	<b>97.27</b>	<b>90.76</b>	<b>91.74</b>

## SONUÇ

Farklı bölgelerdeki Muğla, Bursa ve Kastamonu illerinden hasat edilen defne yaprakları, iki farklı ekstraksiyon yöntemiyle ekstrakte edilerek kimyasal kompozisyonlarındaki değişimler belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre bölgenin farklı şehirlerinde farklı kimyasal kompozisyonlar mevcuttur. Ana bileşen olan 1.8-cineole yüzdesi ekstraksiyon yöntemine ve bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Ekstraksiyon yöntemlerinde gözlenen durum, çözücünün ve yöntemlerin uygulama biçimine göre kimyasal kompozisyonda değişiklik göstermiştir. Kompozisyonda hangi bileşen önem arz ediyorsa ekstraksiyon yöntemi, çözücüsü ve hatta çözücü karışımları ile çalışılabilir. Bu kompozisyon çalışmaları, eczacılık, farmakoloji ve biyoloji gibi bilim dalları ile desteklenebilir..

## KAYNAKLAR

- Muniz-Marquez, DB., Wong-Paz, JE., Contreas-Esquivel JC., Rodriguez-Herrere, R., Aquilar, CN. (2018). Bioactive compounds from bay leaves (*Laurus nobilis*) extracted by microwave technology. *Z Naturforsch C*, (73),401-407.
- Ozcan, O. E. M.a. (2001). Antimicrobial activity of the essential oils of Turkish plant spices. *Eur. Food. Res. Technol*, (212), 3.
- Taban, A., Saharkhiz, MJ., Niakousari, M. (2018). Sweet bay (*Laurus nobilis* L.) essential oil and its chemical composition, antioxidant activity and leaf micromorphology under different extraction methods. *Sustain Chem Pharm*, (9),12-18.
- Türk, M. (2010). Bazı Önemli Tıbbi Bitkilerin Kimyasal Kompozisyonu ve Antioksidan Kapasitelerinin Belirlenmesinde Sub ve Süperkritik Akışkanların Etkisi. Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, ES., Timur, M., and Aslim, B. (2013). Antimicrobial, Antioxidant Activity of the Essential Oil of Bay Laurel from Hatay, Turkey. *JEOBP* (16),9.

## Aktif karbon tozu üretiminde süreç değişkenlerinin nihai ürün özelliklerine etkisinin incelenmesi

Derya Akbulut<sup>1\*</sup> (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1036-3924>) Ali Osman Kurt<sup>2</sup> (ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0204-9655>)

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, SARGEM, Sakarya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [derya.akbulut2@ogr.sakarya.edu.tr](mailto:derya.akbulut2@ogr.sakarya.edu.tr)

### Özet

Gaz veya sıvı moleküllerinin bir katı yüzeyinde tutulması işlemi olan adsorpsiyon, özellikle arıtım ve saflaştırma uygulamalarında, istenmeyen maddeleri ayırmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Adsorpsiyon işlemlerinde kullanılacak birçok adsorban olmasına rağmen, çevre için zararsız olması, hammadde kaynağı olarak organik atıkların ve bazı ekonomik değeri düşük organik maddelerin kullanılması ve adsorplama kapasitesinin yüksek olması aktif karbonu ön plana çıkarmaktadır. Bu çalışmada aktif karbonun üretimi sonucunda oluşan nihai ürünün özelliklerine etki eden parametreler araştırılmış, literatürde konu ile ilgili çalışmalar incelenerek, farklı hammadde, sıcaklık ve aktivasyon parametrelerinin aktif karbonun, adsorplama kapasitesine olan etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar incelenen üç parametrenin de önemli olduğunu ve adsorpsiyon kapasitesine farklı derecelerde etki ettiğini göstermektedir. Edinilen bulgulara göre seçilecek ham maddenin selüloz ve kitin oranının yüksek olması ağır metal giderilmesine büyük ölçüde katkı sağladığı sonucuna varılmıştır. Sıcaklığın 600-700°C aralığında olması ve aktivasyon işleminde KOH reaktifinin kullanılması üretilen aktif karbonun adsorban kabiliyetine olumlu yönde etki ettiği raporlanmaktadır. Aktif karbon üretimi için kullanılan tarımsal atıklar ve metal giderim verimleri incelendiğinde kayın ağacı talaşı %100 verim sağlarken, buğday kabuğu %99, sarıçam talaşı, papatya ağacı ve yeşil hindistan cevizi kabuğu %98 verim sağlamaktadır. Bu sonuçlar ışığında sürekli aktif karbon üretimi için uygun bir hammadde ile optimum koşullar literatür verileri ışığında sunulmuş ve alternatif bir toz üretim metodu oluşturulmasına katkı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Aktif karbon, toz üretim, organik atıklar, adsorpsiyon, saflaştırma.

### Investigation of the effect of process variables on final product properties in production of active carbon powder

#### Abstract

Adsorption processes, which are the process of holding gas or liquid molecules on a solid surface, are frequently used to separate unwanted substances, especially in purification and purification applications. Although there are many adsorbents that can be used in adsorption processes, the reasons such as being harmless to the environment, using organic wastes and some organic materials with low economic value as raw material sources and high adsorption capacity bring activated carbon to the fore. In this study, the parameters affecting the properties of the final product formed as a result of the production of activated carbon were investigated and the relevant studies in the literature were examined, and the effects of different raw materials, temperature and activation parameters on the adsorption capacity of activated carbon were investigated. The results obtained show that all three parameters examined are important and affect the adsorption capacity in different degrees. According to the findings, it was concluded that the high ratio of cellulose and chitin in the raw material to be selected contributes greatly to the removal of heavy metals. The temperature being in the range of 600-700°C and the use of KOH reagent in the activation process positively affected the adsorbent ability of the activated carbon to be produced. When the agricultural wastes used for activated carbon production and metal removal efficiencies were examined, beech wood sawdust yielded 100%, while wheat bark yielded 99%, yellow pine sawdust, chamomile tree and green coconut shell 98% yield. In the light of these results, a suitable raw material and optimum conditions for continuous activated carbon production are presented in the light of literature data and contribution has been made to the creation of an alternative powder production method.

**Keywords:** Activated carbon, powder production, organic wastes, adsorption, purification.

## GİRİŞ

Evsel ve endüstriyel su kullanımı işlemi sonrası oluşan atık sularda ki organik ve inorganik kirleticilerin giderilmesi için birçok arıtma yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntemlerin büyük çoğunluğu organik kökenli kirleticiler içindir ve bu kirleticilerin biyolojik olarak parçalanmasını esas alırlar. Ancak biyolojik olarak parçalanabilen organik kirleticiler ve biyolojik olarak parçalanamayan inorganik kirleticilerin arıtımının bu yolla yapılması mümkün değildir. Bundan dolayıdır ki bu çeşit kirleticiler bulunduran su ve atık suların arıtımında farklı yöntemler kullanmak gerekir (Gupta vd., 2001).

Mevcut uygulamada bu tür kirleticilerin su ve atık sudan giderimi için kullanılan en önemli yöntemlerden birisi adsorpsiyon olup, su içerisindeki kirleticilerin katı bir yüzey üzerinde toplanarak tutulması olarak tanımlanmaktadır. Adsorpsiyonla kirlilik giderimi işlemlerinin ağırlıklı bölümü su ve atık su arıtımı konusunda olsa da, bu yöntem çeşitli emisyonların tutulması ve gazların saflaştırılmasında da kullanılabilir. Günümüz arıtma işlemlerinde adsorban olarak kullanılan birçok malzeme bulunmakta ve yeni adsorbanların üretilmesi için yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Mevcut adsorpsiyon uygulamalarında kullanılan adsorbanlar sentetik/endüstriyel (Aktif karbon, silika jeller vb.) ve doğal adsorbanlar (kil, zeolit, perlit vb.) olarak iki gruba ayrılabilir (Cowan vd., 1991; Kurniawan vd., 2005, Burakov vd., 2018).

Çevre kirliliğinin kontrol edilmesi amacıyla endüstriyel olarak kullanılan adsorbanlar arasında en çok tercih edilen aktif karbondur. Yüksek gözenekli ve yüksek çekim gücüne sahip olması aynı zamanda spesifik yüzey alanının çok geniş olması sebebiyle aktif karbon, ağır metal, mikro kirleticiler ve boyarmaddeler gibi birçok kirleticinin gideriminin de adsorban olarak ilk sırada kullanılmaktadır (Jain vd., 2009; Hartmann vd., 2014; Singh ve Gupta, 2016). Bununla birlikte aktif karbonun kullanım alanı genişledikçe ucuz ve bol bulunan aktif karbon hammaddelerine olan ihtiyaç artmış ve bu alandaki çalışmalarda hız kazanmıştır. Özellikle çok büyük miktarlarda temin edilebilmeleri ve maddi değerlerinin bulunmaması nedeniyle tarımsal kökenli organik atıklar (bahçe atıkları, hindistan cevizi kabuğu, fındık kabuğu, çeltik kabuğu vb.), konu ile ilgili çalışmaların odak noktası halindedir (Bishnoi vd., 2004; Gratiuto vd., 2008; Imamoglu ve Tekir, 2008; Sahu vd., 2010; Fu vd., 2010).

Aktif karbon, karbonlu yapıların önce karbonizasyon ardından da aktivasyon süreci ile elde edilir. Karbonizasyon karbonlu maddelerin havasız ortamda pirolizi ile yapılmaktadır. Karbonun elde edilmesinden sonra yüzey alanının artırılarak aktive edilmesi sürecinde ise bazı kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Aktif karbonların özellikleri, aktivasyon işlemine ve kullanılan kaynak ve yardımcı malzemelerin doğasına bağlı olarak değişmektedir.

Adsorpsiyon işleminin verimini etkileyen temel etkenlerden olan pH, sıcaklık, temas süresi, konsantrasyon gibi parametrelerin yanında konuyla ilgili literatürde, aktif karbon yapımında kullanılan farklı kaynak malzemelerin ve aktivasyon işlemlerinin, adsorpsiyon verimine ve dolayısıyla kirlilik oluşturan maddelerin giderilmesine olan etkilerinin de farklı olduğunu gösteren birçok çalışma mevcuttur (Guo vd., 2002; Khan vd., 2004; Guo and Rockstraw, 2007). Yine literatürdeki konuyla ilgili çalışmalarda, özellikle ağır metaller gibi birçok farklı türü olan kirleticilerin giderilmesinde bu farkın daha açık olarak görüldüğü, aynı kaynak malzemedeki farklı sıcaklıklarda ve farklı kimyasal maddelerle üretilmiş aktif karbonların bazı ağır metalleri yüksek oranda adsorplamasına rağmen bazılarını ise adsorblama başarısının düşük olduğu rapor edilmiştir (Guo vd., 2002; Khan vd., 2004; Guo and Rockstraw, 2007).

Bununla birlikte yapılan çalışmalar, farklı kaynak materyaller ve aktivasyon işlemlerinin kullanılması ile farklı kirleticilerin adsorpsiyon verimlerinin ayrı ayrı ölçülmesine yönelik ve birbirinden bağımsızdır. Bundan dolayıdır ki bu tez ön çalışmasında, konuyla ilgili bütünsel bir sonuca varılabilmesi amacı ile toz aktif karbonun üretimi üzerinde etkili olan parametreler incelenmiş ve bu parametrelerdeki farklılıkların elde edilen ürünlerin nitelikleri ve adsorpsiyon verimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesine çalışılmıştır.

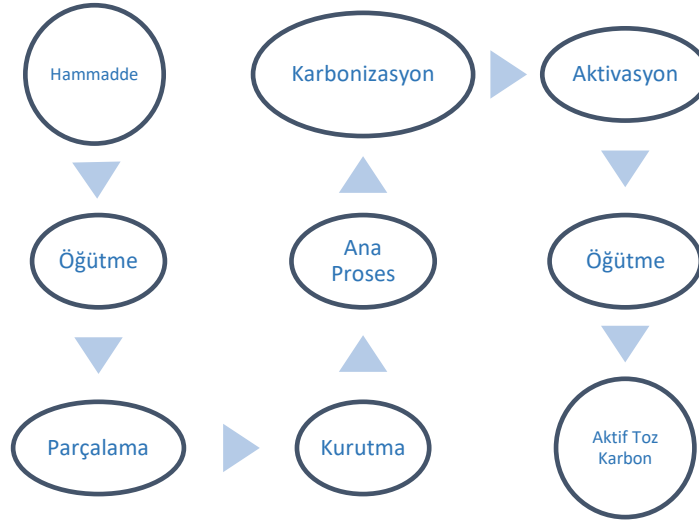
## MATERYAL VE METOT

### 1.Toz Aktif Karbonun Üretimi

Çok geniş iç yüzey alanı ve çeşitli boyutlarda gözeneklere sahip olan aktif karbonlar, toz, granül, fiber gibi farklı şekillerde üretimi ve bunların farklı proseslerle hazırlanmalarına rağmen, kullanılan işlemler açısından aynı temel yaklaşımdan yola çıkılarak üretilmekte oldukları görülmektedir. Bundan dolayıdır ki tüm aktif

karbon çeşitlerinin üretim proseslerini karbonizasyon ve aktivasyon olarak iki aşamada gruplandırmak mümkündür.

Karbonizasyon işleminde, aktif karbon formunda üretilecek organik bileşimi yüksek olan hammaddedeki diğer bileşenler giderilir ve malzemenin elementel karbon haline dönüşümü sağlanır. Bu aşama içyapı ve gözeneklerin oluşturulduğu adımdır. İkinci aşama olan aktivasyon işlemlerinde ise oluşan gözeneklerin genişlemesi ve yüzey fonksiyonel gruplarının adsorplama işlemi için elverişli hale gelmesi sağlanır. Üretilen aktif karbon başlangıçta granül veya basit ve belirsiz şekil ve formlarda olup, toz aktif karbon elde etmek için öğütme işlemi yapılmasını gerektirir (Küçükgül, 2004). Toz aktif karbon üretiminde kullanılan aşamalar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Toz aktif karbon üretim süreci akım şeması

### 1.1 Toz Aktif Karbon Üretimine Etki Eden Parametreler

Aktif karbon, içeriğinde karbon bulunan bir başlangıç maddesi seçildikten sonra yüksek sıcaklıklarda art arda uygulanan iki işlem sonucu elde edilmektedir. Bu iki işlem karbonizasyon ve aktivasyondur. Karbonizasyon esnasında karbonlu hammadde pirolitik olarak ayrışır. Bu esnada H, N, O ve S gibi elementlerde ayrışır. Bu işlemin sonunda oluşan ürün karışık karbonlu bir kömür olarak elde edilir (Gündoğdu, 2010). Bu işlem sonunda karbon atomları kristal yapıya bürünür ve düzensiz bir şekilde dizilirler. Düzensiz dizilişleri nedeniyle aralarında boşluklar meydana gelir. Bu boşluklar da bu karbonlu malzemenin karbonizasyon sonucunda düşük adsorplama kapasitesine sahip olmasına neden olur. Oluşan bu son ürünün adsorplama kapasitesini artırmak yani iç yüzeyini genişletmek amacıyla aktivasyon yapılmaktadır (Cherchisinoff ve Ellerbusch, 1978).

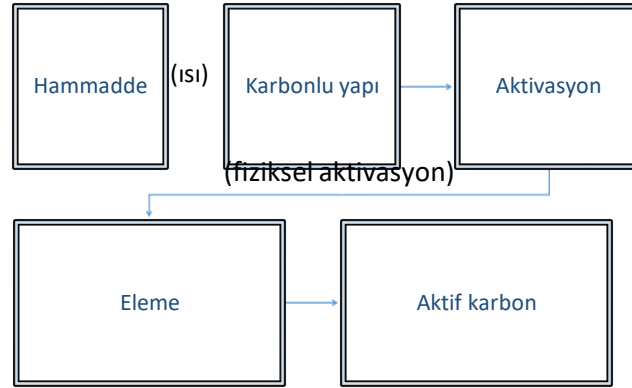
Aktif karbonun adsorplama kapasitesi gözenekliliğine bağlıdır. Gözenekliliğin oluşması için ise karbonizasyon işleminin yapılmasının ardından aktivasyon işleminin uygulanması gerekmektedir. Karbonizasyon işleminde oluşan gözeneklerin bu işlemin ardından yapılacak olan aktivasyon işlemiyle hem sayıları artırılır hem de var olan gözeneklerin hacmi ve çapları büyütülür (Gündoğdu, 2010; Hucknall, 1985).

Aktivasyon çeşitleri fiziksel ve kimyasal olmak üzere ikiye ayrılır, iki yöntemle de karbonizasyon işlemi sonrası gözeneklilik ve yüzey alanı artırılabilir.

#### 2.1.1 Fiziksel aktivasyon

Bu işlem kullanılan başlangıç maddesinin ısı verilerek bozundurulması ve oluşan karbonlu yapının aktive edilmesi şeklinde gerçekleştirilir. Karbonizasyonla birlikte oksijen ve hidrojen uzaklaştırılarak gözenekli yapıda bir kömür oluşturulur. Ardından 800-1000°C sıcaklıkta su buharı, CO<sub>2</sub> ya da her iki gaz birlikte kullanılarak aktivasyon gerçekleştirilir (Gergova ve Eser, 1996; Bandosz, 1999).

Fiziksel aktivasyon işleminin ardından aktif karbon elenerek tozları giderilir ve hazır hale getirilir. Bu işlemle elde edilen aktif karbon gözenekliği fazla ve gözenek hacmi yeterince geniştir. Sıvı ve gaz fazlarda adsorpsiyon için uygundur. Her ikisinde de verimli bir şekilde kullanılabilir (Garg vd., 2007).



Şekil 2. Fiziksel aktivasyon akış şeması

### 2.1.2 Kimyasal aktivasyon

Bir diğer aktivasyon yöntemi de kimyasal aktivasyondur. Farklı yöntemlerde kimyasal aktivasyon yapmak mümkündür. Başlangıç maddesi uygun boyuta getirildikten sonra 500-1000°C arasında bir sıcaklıkla reaksiyona sokulur veya karbonizasyonla belirli bir sıcaklığa gelmiş başlangıç malzemesi doğrudan reaksiyona sokulabilir. Kimyasal aktivasyon işleminde borik asit, kalsiyum hidroksit, kalsiyum klorür, fosforik asit, sülfürik asit, çinko klorür, demir (III) klorür, potasyum karbonat, potasyum hidroksit, mangan (II) klorür, nitrik asit, sodyum klorür, sodyum sülfat gibi geniş bir kimyasal kullanım aralığı vardır (Wigmans, 1989; Addoun vd., 2002).

İki aktivasyon yöntemi kıyaslandığında kimyasal aktivasyonun basit ve avantajlı bir yöntem olduğu anlaşılmaktadır. Kimyasal aktivasyon fiziksel aktivasyona göre daha düşük sıcaklıklarda gerçekleştirilebilir. Kimyasal aktivasyon işleminde yüksek ürün verimi ve daha geniş yapıları gözenekler elde edilir ve aktivasyon işleminde kullanılan kimyasal geri kazanılabilir dolayısıyla kimyasal aktivasyonun fiziksel aktivasyona kıyasla daha avantajlı olduğu anlaşılmaktadır (Hayashi vd., 2002; Ahmadpour ve Do, 1995).

### 1.2. Başlangıç Maddesi

Karbon içeriği yeterli, ulaşılabilirliği kolay ve maliyeti düşük olan tüm katı hammaddeler aktif karbon üretimi için kullanılabilir. Ticari olarak üretilen aktif karbonlar için odun, meyve çekirdeği kabukları ve fındık kabukları gibi genelde tarımsal kökenli atıklar kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra polimer bazlı yapay hammaddeler de zaman zaman aktif karbon üretimi için hammadde olarak kullanılabilir (Dhiraj vd., 2008; Gündoğdu, 2010). Aktif karbon üretimi için hammadde seçerken karbon içeriği yüksekliği, üretim verimi, mineral madde içeriğinin düşük olması, maliyetinin düşük olması, kolay karbonizasyon ve depolamaya uygun maddelerden seçilmiş olmasına dikkat edilmektedir (Gareda-Torresdey vd., 2000; Acar ve Malkoc, 2004; Farajzadeh ve Monji, 2004).

Aktif karbon üretiminde son yıllarda linyit kömürü, odun, odun talaşı ile fındık kabukları gibi tarımsal kökenli atıklar kullanılmaktadır. Bu hammaddelere alternatif üretmek amacıyla meyve çekirdekleri ve çeşitli yemiş kabukları ve petrol rafineri atıkları da kullanılmaya başlanmıştır (Mohan vd., 2006; Oliveira vd., 2005). Kullanılan başlangıç maddesinin özelliklerine göre üretilen aktif karbonun fiziksel, kimyasal ve adsorpsiyon özellikleri de değişiklik göstermektedir (Tablo 1). Seçilecek maddenin mineral madde içeriği ve maliyeti aktif karbon üretiminde son derece önemlidir (Montanher vd., 2005; Taty-Costodes vd., 2003).

Başlangıç maddesi seçilip karbonizasyon ve fiziksel ya da kimyasal aktivasyon işlemi tamamlandıktan sonra verimi yüksek, spesifik yüzey alanı geniş ve gözenekli aktif karbonlar üretilebilir. Başlangıç maddesinin seçimi üretilen aktif karbonun karakteristiğini belirlemede önemli rol oynamaktadır (Yu vd., 2001, Singh vd., 2005, Saeed vd., 2005). Üretilen aktif karbonun adsorplama verimini içerdiği gözenekler

belirlemektedir. Mikro gözenek içeriği yüksek olan bir aktif karbon büyük molekülleri adsorplama konusunda zayıftırlar. Yine mezo ve makro gözenekli yapıları çok olan aktif karbonlar da küçük molekülleri adsorplamada oldukça zayıftırlar (Mohan ve Singh, 2002; Srivastava vd., 2007; Pino vd., 2006). Başlangıç maddesi olarak seçilen hammaddenin eğer lignin içeriği yüksekse üretilen aktif karbonun makro gözenek içeriği de yüksek olmaktadır. Eğer seçilen başlangıç maddesinin selüloz içeriği yoğunsa üretilen aktif karbonun mikro gözenek oranı yüksek olur. Bunun yanı sıra oluşacak gözenekli yapıda kullanılacak aktivasyon ajanı da son derece önemlidir (Garg vd., 2007; Ajmal vd., 2005).

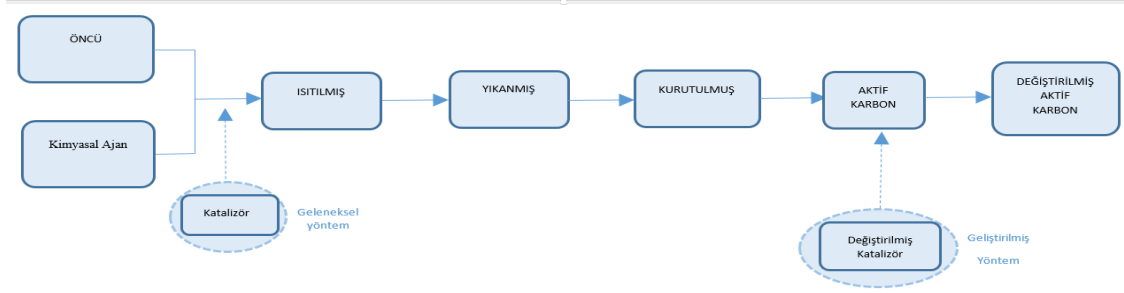
Aktif karbon üretimindeki yüksek maliyetler sebebiyle tarımsal kökenli atıkların hammadde girişi olarak kullanımları önemli bir alternatif oluşturmaktadır. Atıkların ucuz, verimli ve farklı yapılarda aktif karbonlar elde edilmesine olanak sağlamasından ötürü son yıllarda oldukça sık kullanılmaktadır (Malkoc ve Nuhoglu, 2005; Basci vd., 2003).

**Tablo 1.** Bazı çalışmalarda aktif karbon üretimi için kullanılan tarımsal atıklar ve metal giderim verimleri (Dhiraj vd., 2008).

Tarımsal Kökenli Atık	Metal	Verim	Referans
Yulaf Biokütlesi	Cr (III), Cr (VI)	>%80	Gareda-Torresdey vd. (2000)
Kayın Ağacı Talaşı	Cr (VI)	% 100	Acar ve Malkoc (2004)
Buğday Kepeği	Cr (VI)	>%82	Farajzadeh ve Monji (2004)
Hindistan Cevizi Kabuğu Lifi	Cr (VI)	>%80	Mohan vd. (2006)
Pirinç Kepeği	Cr (VI)	% 40-50	Oliveira vd. (2005)
Pirinç Kabuğu	Pb (II), Cd(II), Cu(II), Zn(II)	>%80	Montanher vd. (2005)
Sarıçam Talaşı	Pb (II), Cd(II)	%96,%98	Taty-Costodes vd. (2003)
Akçaağaç Talaşı	Pb (II), Cu(II)	%80-90	Yu vd. (2001)
Buğday Kepeği	Cd (II)	%87	Singh vd. (2005)
Papaya Ağacı	Cd (II), Cu(II), Zn(II)	%98, 95, 67	Saeed vd. (2005)
Küspe	Cd (II), Zn(II)	%90-95	Mohan ve Singh (2002)
Küspe Külü	Cd (II), Ni(II)	%65,42	Srivastava vd. (2007)
Yeşil Hindistan Cevizi Kabuğu	Cd (II), Cr(II), As(II)	%98	Pino vd. (2006)
Çay atığı	Ni (II)	%86	Malkoc ve Nuhoglu (2005)
Şeker Kamışı Küspesi	Ni (II)	>%80	Garg vd. (2007)
Hardal Yağı Atık keki	Ni (II), Cu(II), Zn(II), Cr(II), Mn (II), Cd(II), Pb(II)	%94	Ajmal vd. (2005)
Buğday Kabuğu	Cu (II)	%99	Basci vd. (2003)
Mango Ağacı Talaşı	Cu (II)	%60	Ajmal vd. (1998)

Yapılan bir çalışmada toksin olmayan ve yenilenebilir karides kabukları karbonlaştırılmış ve nanoporoz potasyum aktif karbon (K-Ac) elde etmek için KOH aktivasyonuna tabi tutulmuştur (Guo vd., 2019). KOH ile aktive edilmiş K-Ac; FTIR, XRD, BET, SEM ve TEM ile karakterize edilmiştir. Söz konusu çalışmada kullanılan sıcaklığın yüksek olması, yapılan karbonizasyon işleminin süresi ve aktivasyon için kullanılan kimyasal sonuç ürün olan aktif karbonun yüzey alanı artışına önemli oranda etki etmiştir.

Diğer bir araştırma çalışması geleneksel yöntemlerle üretilmiş bir aktif karbona nano boyutta katalizör ekleyerek gözenek büyüklüğü ve yüzey alanına olan etkilerini incelemiştir (Xue vd., 2015). Söz konusu çalışmada Şekil 2'de gösterildiği gibi kullanılan katalizör ile aktif karbonun spesifik yüzey alanının arttırılabileceği gösterilmiştir.



Şekil 2. Aktif karbon üretimi özet akış şeması (Xue vd., 2015).

Başka bir toz üretim yöntemi olan hidrotermal yöntem ile düşük sıcaklık ve kısa sürelerde ham maddeden karbon küreler elde edilebilmektedir. Bu yöntem ile önce ham madde hidrotermal yöntemde tabi tutulur ve karbon tozları elde edilir. Daha sonra elde edilen karbon kimyasal aktivasyon işlemine tabi tutularak aktif karbon üretilmiş olur. Hidrotermal ile elde edilen karbon kürelerin spesifik yüzey alanları yaklaşık  $0,5-5 \text{ m}^2/\text{g}$  değerlerinde olup sınırlı gözenekliliğe sahiptir ve katı dolu küre formundadır. Yapılan çalışmalar kimyasal aktivasyon sürecinin karbon küre morfolojisini etkilediğini ve yüzey alanını artırdığını göstermektedir (Huang vd., 2014). Literatürde çalışılmış diğer bir metotta ise hammadde öncelikle kimyasal aktivasyona tabi tutulmakta ve aktif karbon elde edilmektedir. Daha sonra ürün manyetik  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  nanoparçacıkları ile hidrotermal ve ortak çökeltme yöntemleri ile birleştirilerek ve belirli karakteristik analizleri yapılmaktadır. Sonuçta hidrotermal metot ile simüle edilen  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  nanoparçacıkların birlikte çökeltme yönteminden daha yüksek mıknatıs özelliği ve daha küçük parçacık boyutlarına ulaşıldığını belirtilmektedir (Livani vd., 2018). Mehdi Jahangiri ve diğerleri 2016'da aktif karbon ve aktif karbon nanofiber kompoziti kimyasal buhar biriktirme (CVD) yöntemi ile üretmişlerdir. Hammadde gerekli ön işlemlerden geçirilmiş ve ardından önce kimyasal aktivasyona tabi tutulmuş ardından karbonizasyon yapılmıştır. Bu işlemlerden sonra araştırmacılar aktif karbonu kullanarak yüksek spesifik yüzey alanına sahip ve mikro gözenekli karbon nanofiber (CNF) ile kompozit malzeme üretmiştir. Daha sonra bu kompozite, gerekli yüzey alanı ve por boyutlarını elde etmek için bir katalizör eklenmiştir. Bu işlemde CVD kullanılmış ve ardından istenilen sonuca ulaşmak için kompozit,  $\text{CO}_2$  gazı ile  $450^\circ\text{C}$ 'de fiziksel aktivasyona tabi tutulmuştur (Shamsuddin vd., 2016).

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Adsorpsiyon tekniği atık sularda ve akışkanlarda kirletici giderimi için oldukça etkili bir metottur. Bu işlem için kullanılan birçok adsorban bulunmakla birlikte bu adsorbanlardan en kullanışlı ve en verimli olanı aktif karbondur. Konvansiyonel aktif karbon üretim stratejileri kullanılan başlangıç maddeler sebebiyle pahalı olabilmekte ve başlangıç maddelerinin tedariki üretim problemlerine sebep olabilmektedir.

Organik atıklar (fındık kabuğu, pirinç kabuğu, ağaç talaşı, çay atığı vb.) yüksek karbon içeriği, ucuz olmaları, depolanabilir ve kolay ulaşılabilir olmaları sebebiyle aktif karbon üretim proseslerinde başlangıç maddeleri olarak birçok çalışmada kullanılmıştır. Literatürde bazı çalışmalarda aktif karbon üretimi için başlangıç malzemesi olarak kullanılan organik kökenli atıkların metal giderim verimini artırdığı gözlemlenmiştir. Tablo 2'de kullanılan hammadde ve diğer parametrelere yer verilmiş, bunların analizi ve kıyası yapılmıştır.

**Tablo 2.** Aktif karbon üretiminde kullanılan hammadde ve diğer parametrelerin ürün özelliklerine etkileri

Ham Madde	Üretim Yöntemi	Sıcaklık (°C)	Kullanılan Reaktif	Ortalama Gözenek Boyutu (nm)	BET Analizi (m <sup>2</sup> /g)	Açıklamalar	Referans
Karides Kabuğu	Karbonizasyon ve kimyasal aktivasyon	800	KOH	1,351	3160	Ham maddenin kabuklu olması kitin içeriğini artırmaktadır bu da üretilen malzemenin yüzey alanını artırıcı etki yapmıştır.	(Guo vd., 2019)
Doğu Çınarı	Karbonizasyon, kimyasal aktivasyon ve nano bakır ve Cu(II) ilavesi	450	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	AC-Cu: 4,508 AC-Cu(II): 5,007	AC-Cu: 823 AC-Cu(II): 1119	Katalizör ilavesi ile yüzey alanını artırmış olsa da sıcaklığı artırılarak daha fazla yüzey alanı elde edilebilir.	(Xue vd., 2015)
Glukoz Sukroz	Hidrotermal ve kimyasal aktivasyon	800	KOH		1494	Hidrotermal yöntem ile daha kısa sürede geniş yüzey alanına sahip aktif karbon elde edilmiştir.	(Huang vd., 2014)
Fındık Kabuğu	Kimyasal aktivasyon, manyetik NiFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ilavesi ile hidrotermal ve co-precipitation metodu.	600	NaOH		288	Geleneksel yöntemle ilave olarak hidrotermal ve <i>co-precipitation</i> yöntemi kullanılmıştır.	(Livani vd., 2018)
Ceviz Kabuğu	Kimyasal aktivasyon, karbonizasyon ve kimyasal buhar biriktirme (CVD).	450	KOH ve CO <sub>2</sub>	0,384	686	Kimyasal buhar biriktirme yöntemi kullanıldığında elde edilen aktif karbonun ortalama gözenek artmıştır.	(Shamsuddin vd., 2016)

## SONUÇ

Aktif karbon üretim deneme çalışmalarının birçoğu küçük ölçekte (laboratuvar ölçeğinde ürün elde edilmesine yönelik) yapılmıştır. Sanayi üretiminin fazla olduğu bölgelerde, yüksek miktarlarda atık su çıkmakta ve büyük miktarlarda aktif karbona ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle kolay ulaşılabilir, homojen ve ucuz hammaddeler kullanılarak yüksek miktarlarda ve ekonomik aktif karbon üretimi için yenilikçi metot ve tekniklere ihtiyaç halen devam etmektedir.

Bu konferans bildirisi yapılacak doktora çalışmasına referans amaçlı gerçekleştirilen literatür taraması raporu ve analizlerini içermektedir. Tez projesi ile tarım/gıda endüstrisinin katı atıklarından olan şeker pancarı küspesi, meyve suyu posası ve mantar gibi hammaddeler veya bunların karışımları kullanılarak fiziksel ve kimyasal aktivasyon yöntemleri ile uygun parametreler seçilerek çevreye zararı olmayan (veya minimum olan)



kimyasal bir ajanla aktivasyon sağlanıp mikro ve nano ölçekte gözenekliğe sahip aktif karbon üretimi için yenilikçi bir metot uygulanacaktır. Geliştirilecek olan yenilikçi metotta aktivasyon işlemi atmosfer kontrollü döner tip fırın kullanılarak gerçekleştirilecektir.

## KAYNAKLAR

- Acar, F.N., Malkoc, E., 2004. Removal of Chromium (VI) from aqueous solution by *Fagus orientalis*. *Biores. Technol.* 94, 13–15.
- Ajmal, M., Khan, A.H., Ahmed, S., Ahmed, A., 1998. Role of saw dust in the removal of copper (II) from industrial wastes. *Water Res.* 32, 3085–3091.
- Ajmal, M., Rao, R.A.K., Khan, M.A., 2005. Adsorption of Cu from aqueous solution on *Brassica cpestris* (mustard oil cake). *J. Hazard. Mater.* B122, 177–183.
- Basci, N., Kocadagistan, E., Kocadagistan, B., 2003. Biosorption of Cu II from aqueous solutions by wheat shells. *Desalination* 164, 135–140.
- Burakov A.E., GaluninIrina E. V., Burakova İ.V., Kucheroval A.E., Agarwal S., Tkachev A.G., Gupta V.K., “Adsorption of heavy metals on conventional and nanostructured materialsfor wastewater treatment purposes: A review” *Ecotoxicology and Environmental Safety* 148 (2018), 702-712
- C. K. Jain, Arvind Kumar, M. Hayssam Izazy, “Color removal from paper mill effluent through adsorption technology” *Environ Monit Assess* (2009) 149:343–348 DOI 10.1007/s10661-008-0207-8
- Dhiraj S., Garima M., Kaur M.P., 2008. Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solutions – A review. *Bioresource Technology* 99, 6017–6027
- Enver Yaser Küçükgül 2004 “Ticari Aktif Karbon Üretimi Ve Özelliklerinin Belirlenmesi” Cilt: 6 Sayı: 3 S. 41-56
- Farajzadeh, M.A., Monji, A.B., 2004. Adsorption characteristics of wheat bran towards heavy metal cations. *Sep. Purif. Technol.* 38, 197–207.
- Gardea-Torresdey, J.L., Tiemann, K.J., Armendariz, V., Bess-Oberto, L., Chianelli, R.R., Rios, J., Parsons, J.G., Gamez, G., 2000. Characterization of chromium (VI) binding and reduction to chromium (III) by the agricultural byproduct of *Avena monida* (oat) biomass. *J. Hazard. Mater.* B80, 175–188.
- Garg, U.K., Kaur, M.P., Garg, V.K., Sud, D., 2007. Removal of hexavalent Cr from aqueous solutions by agricultural waste biomass. *J. Hazard. Mater.* 140, 60–68.
- Gupta, V.K., Gupta, M., and Sharma, S.,(2001). küçükgül
- Gündoğdu, A., 2010. “Fabrika Çay Atıklarından Aktif Karbon Üretimi, Karakterizasyonu Ve Adsorpsiyon Özelliklerinin İncelenmesi” Karadeniz Teknik Üniversitesi F.B.E. Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı.(Doktora tezi).
- H. Fu P.A. MachadoT.S. HahmR.J. KratochvilC.I. WeiY.M. Lo “Recovery of nicotine-free proteins from tobacco leaves using phosphate buffersystem under controlled conditions” *Bioresource Technology* 101 (2010) 2034–2042
- İrfan AKİKOL 2005 “Farklı Aktivasyon Yöntemleriyle Geliştirilen Aktif Karbonlar İle Sudan Ağır Metal Giderimi” F.B.E. Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı
- J.N. Sahu Jyotikusum Acharya B.C. Meikap “Optimization of production conditions for activated carbons fromTamarind woodby zinc chloride using response surface methodology” *Bioresource Technology* 101 (2010) 1974–1982
- Jens Hartmann, Reinhard Beyer, Stephan Harm “Effective Removal of Estrogens from Drinking Water and Wastewater by Adsorption Technology” *Environ. Process.* (2014) 1:87 -94 DOI 10.1007/s40710-014-0005-y
- M.K.B. GratioT. PanyathanmapornR.-A. ChumnanklangN. SirinuntawittayaA. Dutta “Production of activated carbon from coconut shell: Optimizationusing response surface methodology” *Bioresource Technology* 99 (2008) 4887–4895
- Malkoc, E., Nuhoglu, Y., 2005. Investigation of Ni II removal from aqueous solutions using tea factory waste. *J. Hazard. Mater.* B127, 120–128.
- Mohan, D., Singh, K.P., 2002. Single- and multi-component adsorption of cadmium and zinc using activated carbon derived from bagasse-an agricultural waste. *Water Res.* 36, 2304–2318.
- Mohan, D., Singh, K.P., Singh, V.K., 2006. Trivalent Cr removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth. *J. Hazard Mater.* B135, 280–295.

- Montanher, S.F., Oliveira, E.A., Rollemberg, M.C., 2005. Removal of metal ions from aqueous solutions by sorption onto rice bran. *J. Hazard. Mater. B* 117, 207–211.
- Mustafa Imamoglu and Oktay Tekir “Removal of copper (II) and lead (II) ions from aqueous solutions by adsorption on activated carbon from a new precursor hazelnut husks” *Desalination* 228 (2008) 108–113
- Narsi Ram Bishnoi Mini Bajaj Nivedita Sharma Asha Gupta “Adsorption of Cr(VI) on activated rice husk carbon and activated alumina” *Bioresource Technology* 91 (2004) 305–307
- Nasim Ahmad Khan\*, Shaliza Ibrahim and Piarapakaran Subramaniam “Elimination of Heavy Metals from Wastewater Using Agricultural Wastes as Adsorbents” *Malaysian Journal of Science* 23 : 43 - 51 (2004)

## Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) dış kabuklarından çinko oksit nanopartikül sentezi, karakterizasyonu ve fotokatalitik aktivitesinin araştırılması

Mahmure Özgür (<https://orcid.org/0000-0002-6398-3871>), Buket Emreol (<https://orcid.org/0000-0002-4995-9330>), Kaan Şendal (<https://orcid.org/0000-0001-9334-3552>), Ebru Ortadoğulu (<https://orcid.org/0000-0002-3125-0884>)

Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 34220, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: mozgurme@hotmail.com

### Özet

Bu çalışmada; nano teknoloji alanında yaygın olarak araştırılan çinko oksit nanopartiküller (ZnONP) in antep fıstığı dış kabuğu (*Pistacia Vera* L.)'nin sulu ekstraktı (PVDKSE) ile optimum çalışma koşullarında [Zn-Ac/PVDKSE oranı:2, tepkime sıcaklığı:40°C, reaksiyon süresi:120 dakika ve pH:10] biyosentezi gerçekleştirildi ve 500°C'de 3 saat kalsine edilen nanopartiküller Allura Red (AR) boyar maddesinin UV-ışık ve gün ışığında fotokatalitik bozunmasını incelemek amacıyla kullanıldı. Boya giderimi üzerine pH(5-11), ışınlama süresi(1-4 saat) ve boyanın başlangıç konsantrasyonunun(3-15 ppm) etkisi incelendi ve değerlendirildi. Optimize edilmiş koşullarda (boya konsantrasyonu:10 ppm, pH:5, ZnONP dozu:0.05g/50 mL, UV-ışık yoğunluğu:16 W/m<sup>2</sup> ve süre:4 saat) UV-ışık altında %65 gün ışığında ise %10 oranında bozunmanın meydana geldiği saptandı. Çalışma ayrıca ZnO fotokatalizörü kullanmadan optimum koşullarda saf boya çözeltisi ile hem gün ışığı hem de UV-ışık altında 4 saat süre için tekrarlandı ve boyar madde çözeltisinde bozunma görülmedi.

**Anahtar Kelimeler:** Çinko oksit, nanopartikül, yeşil sentez, fotokatalizör, Allura Red, antep fıstığı, *Pistacia Vera* L, UV-ışık, gün ışığı

### Abstract

In this study; ZnO nanoparticles, which are widely researched in the field of nano technology, with the aqueous extract of the pistachio shell (*Pistacia Vera* L.) under optimum working conditions [Zn-Ac / PVDKSE ratio:2, reaction temperature:40°C, reaction time:120 minutes and pH:10] biosynthesis was carried out and the nanoparticles calcined at 500°C for 3 hours were used to examine the photocatalytic degradation of Allura Red (AR) dye under UV-light and daylight. The effects of pH(5-11), irradiation time(1-4 hours) and initial concentration of dye(3-15 ppm) on dye removal were examined and evaluated. Under optimized conditions (dye concentration:10 ppm, pH:5, ZnONP dose: 0.05g/50 mL, UV-light intensity:16 W/m<sup>2</sup> and duration:4 hours), 65% degradation under UV-light and 10% in daylight was determined. The study was also repeated for 4 hours with pure dye solution under both daylight and UV-light under optimum conditions without using the ZnO photocatalyst, and no degradation was observed in the dye solution.

**Keywords:** Zinc oxide, nanoparticle, green synthesis, photocatalyst, Allura Red, pistachio, *Pistacia Vera* L, UV-light, daylight

### 1.GİRİŞ

Çinko oksit (ZnO) çok yaygın kullanılan bir metal oksit olup özel kristal yapısı ile pek çok alanda kullanılmaktadır. Özellikle fotokataliz, membran prosesleri ve dezenfeksiyon gibi su ve atık su arıtma teknolojilerinde yoğun olarak çalışılmaktadır.

Metal nano partiküllerin farklı tekniklerle başarıyla sentezlenmelerine rağmen bu tekniklerin pahalı olması ve kullanılan zararlı kimyasalların çevresel ve biyolojik riskleri nedeniyle, son yıllarda çevre dostu, ucuz, biyomedikal ve ilaç uygulamalarına uyumlu teknikler üzerine ilgi giderek artmaktadır.

Çevresel problemlere neden olan ana nedenlerden biri tekstil, boya, mürekkep, plastik, ilaç ve kozmetik sektörlerinde kullanılan boyar maddelerdir. Sentetik gıda boyaları sınıfında olan Allura red azo boyar maddesi olup, Azo boyar maddeleri degradasyon sonucunda yan ürün olarak toksik ve kanserojenik etkileri olan aminleri oluştururlar. Bu nedenle doğaya deşarj edilmeden önce arıtılmaları büyük önem taşımaktadır. Bu

renkli atık suların çevreye verilmesi ötrofikasyona neden olmakta, boyadaki renk içeriği fotosentezi ve dolayısıyla su türlerinin gelişimini engellemektedir. Geleneksel yöntemler toksik kimyasallar içerdiğinden, çevreye zararlı toksik ara ürünler ürettiğinden ve bu bileşiklerin toksik olmayan bileşiklere dönüştürülmesi karmaşık yapılar ve yüksek stabilite nedeniyle zor olduğundan, yeşil yöntemler araştırmacıları toksik kimyasalların kullanımını en aza indirmeye ve sulu ortamda işlemler yaparak atık oluşumunu azaltmaya teşvik eder. Bu güçlüklerin üstesinden gelmek için araştırmacılar, çevresel olarak toksik olmayan reaktiflerin, solventlerin ve arıtma işlemleri sırasında istenmeyen yan ürünlerin bulunmaması nedeniyle organik kirleticilerin ayrışması için yeşil sentezlenmiş metaloksit nanopartikülleri yeşil bir katalizör olarak tercih etmektedir. Çevre kirliliği konusundaki yeni teknolojilerinden dolayı fotokatalist yarı iletkenler arasında çinko oksit son yıllarda büyük ilgi görmektedir ve ZnO üzerinde fotokatalitik özelliğinden dolayı yoğun olarak çalışılmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, antep fıstığı dış kabuğunun sulu ekstraktını kullanarak kimyasal yöntemlere bir alternatif olarak yeşil sentez yöntemi ile ZnO nanopartikül sentezi için optimum koşulların saptanması ve bu koşullarda üretilen partiküllerin karakterize edilmesidir. Üretilen ZnONPs; UV-Vis absorpsiyon ve FT-IR spektroskopisi analizleri ile karakterize edildi. Bu çalışmada ayrıca, üretilen ZnONP'lerin sulu çözeltiden AR boyar maddesinin fotokataliz prosesi ile sulu çözeltiden gideriminde kullanımı ve etkinliği değerlendirildi. AR'ın sulu çözeltiden giderimi fotokatalizör kombinasyonları (ZnONPs/UV/Güneş/pH) kullanılarak incelendi. Fotokatalitik bozunma üzerine; pH(5-11), ışınlama süresi(1-4 saat), başlangıç boya konsantrasyonu(3-15µg/mL), gün ışığı ve UV ışık gibi parametrelerin etkileri araştırıldı ve değerlendirildi.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1 Materyal

Bu çalışmada Antep'te toplanan Antep Fıstığı (*Pistacia Vera L*) kabukları kurutulularak kullanılmıştır.



Şekil 1. Antep Fıstığı (*Pistacia Vera L*)'na Ait Görseller

### 2.4. Çinko Oksit Nanopartiküllerin Üretimi

#### 2.4.1 Bitki Özütünün Hazırlanması

50 gram kurutulmuş ve ufalanmış antep fıstığı dış kabukları 400-450mL distile su içeren bir behere aktarıldı ve manyetik karıştırıcıda 3 saat karıştırma işlemi(250 rpm) uygulandı. Mavi band süzgeç kâğıdı ile süzülen çözeltinin hacmi distile su ile 500 mL'ye tamamlandı.+4°C'de buzdolabında karanlık ortam koşulunda muhafaza edilen bu çözelti deneylerde kullanıldı.

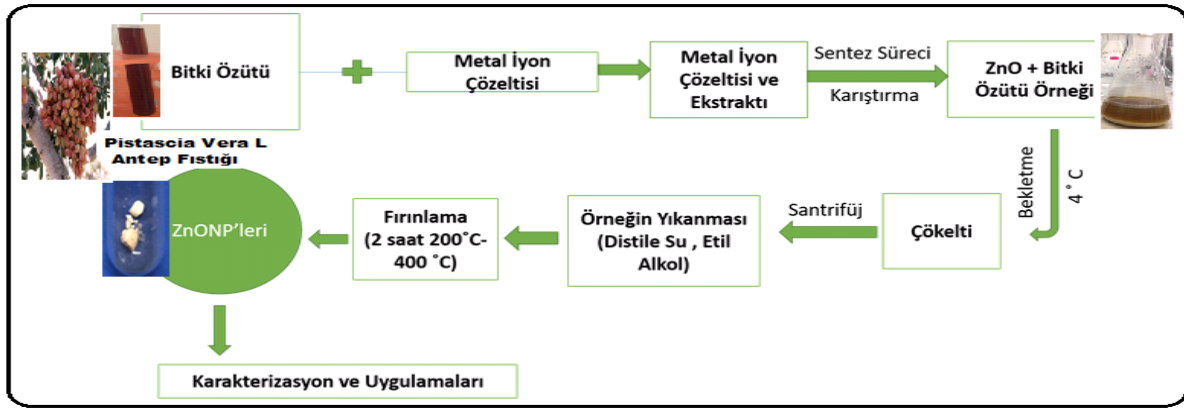
#### 2.4.2 ZnONPs'in Oluşumunda Farklı Parametrelerin Etkisi

Çalışmada ZnONP'lerin verimini etkileyen faktörler olarak tanımlanan reaksiyon süresi, reaksiyon sıcaklığı ve Zn-Ac/PVDKSE hacim oranı gibi farklı parametreler optimize edilmiştir. Substrat olarak sabit Zn-Ac konsantrasyonu(50 mL,% 1) kullanıldı. 50 mL Zn-Ac çözeltisine farklı hacimlerde(10 mL-50 mL)PVDKSE ilave edildi. Karışım, manyetik bir karıştırıcıda sürekli karıştırıldı ve amonyak çözeltisi ile ortamın pH değeri istenilen değere ayarlandı. Reaksiyonun sonlandırılması için gereken süreyi optimize etmek için, reaksiyon ortamından 15 dakikalık zaman aralıklarında alınan örneklerin UV-Vis spektrumları alınarak 120 dakika süresince reaksiyon ortamı gözlemlendi. Reaksiyon süresi boyunca çözeltinin rengi de gözlemlendi ve renk ZnONP oluşumunu gösteren hafif sarıdan beyaza değişti. Son olarak, reaksiyon sıcaklığını optimize etmek

için, seçilen sıcaklıkta 250 rpm'de karıştırılmak üzere reaksiyon karışımı manyetik bir karıştırıcı üzerinde hazırlanan su banyosu üzerinde 20, 40, ve 60°C'de tutuldu. Elde edilen soluk beyaz çökelti etüvde 80°C'de kurularak ZnONP'ler elde edildi. Toz ZnONP'ler absorpsiyon spektrumlarını almak için bir ultrasonik banyoda 15-20 dakika yeniden süspansiyon haline getirildi.

### 2.4.3 Çinko Oksit Nanopartiküllerin Üretimi

5 g çinko asetat (Zn-Ac) 300 mL distile su ile 15 dakika 30°C'de ultrasonik cihazda çözüldürüldü ve hacim 500 mL'ye tamamlandı (%1 v/v, mL/mL). Antep fıstığı dış kabuklarının sulu ekstraktı (PVDKSE) kullanılarak ZnONP'lerin sentezi için optimum çalışma koşullarında [Zn-Ac/PVDKSE hacimce oranı:2, tepkime sıcaklığı:40°C, reaksiyon süresi:120 dakika ve pH:10] belirlenen bitki özütü çözeltisine Zn-Ac çözeltisi yavaş yavaş ilave edildi (Bu işlem yaklaşık 1 saat içinde tamamlandı). Hazırlanan bu karışımın pH değeri 10 olana kadar amonyak çözeltisi ilave edildi ve karışım reaksiyonun tamamlanması için 3 saat tepkime sıcaklığı olarak belirlenen 40°C'de karıştırıldı. Çözeltilerin rengi başlangıçtaki hallerine göre değişiklik göstermiştir. Elde edilen ZnONP'ler +4°C'de karanlıkta 12-15 saat muhafaza edildi. Ertesi gün ürünler 2 defa distile su ve 2 defa etanol kullanarak 4000 rpm'de 10'ar dakika santrifüjlendi. Yıkama işlemleri ile safsızlıklar giderildi. Santrifüj işleminden sonra sentezlenen ZnONP'ler etüvde 80°C'de 3 saat kurutuldu. Kurutulmuş ZnONP'lerden 0.01 gram tartılarak 10 mL etil alkolde çözüldü. Bu çözeltiden 2 mL alındı ve 10 mL'ye distile su ile seyreltilti. Elde edilen çözeltinin 300-500 nm dalga boyu aralığında UV-Vis spektrumu alındı. Üretilen ZnONP'ler 500°C'de 3 saat süre ile kalsine edildi. ZnONP'lerin biyosentez basamakları Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. ZnO Nanopartiküllerin Sentez Adımları

### 2.4.4 Biyosentezlenmiş ZnONP'lerin Karakterizasyonu

Sentezlenen ZnONP'ler 300-500 nm dalga boyu aralığında alınan UV-Vis spektrumları ve 4000-400 cm<sup>-1</sup> aralığında alınan FTIR spektrumları ile karakterize edildi.

### 2.4.5 Sentezlenen ZnONP'lerin Fotokatalitik Özelliklerinin İncelenmesi

#### Allura Red Tayini İçin Ölçü Eğrilerinin Hazırlanması

100 µg/mL stok AR çözeltisinden 0.4, 0.8, 1.2, 1.6, 2.0 mL alınarak 10 mL'lik balon jöjelere aktarıldı ve distile su ile hacmine tamamlandı. İyice karıştırılan çözeltilerin 400-600 nm dalga boyu aralığında absorpsiyon ve 1.türev absorpsiyon spektrumları alındı. 1.türev absorpsiyon spektrumlarında  $\lambda_{max}$ :474 nm'de 1.türev absorbans değerleri okundu. Çalışma 3 kez tekrarlandı.

#### Fotokatalitik bozunma çalışmaları

Optimum koşullarda (120 dk, pH:10, 40°C) üretilen ve 500°C sıcaklıkta kül fırınında 3 saat süre ile kalsine edilen ZnONP'ler AR'in UV-ışık ve gün ışığı altında fotokatalitik bozunmasında fotokatalist olarak kullanıldı. Fotokatalitik bozunma çalışmaları öncelikle sabit miktarda (0.05 gram) ZnONP, sabit konsantrasyonda (10 µg/mL) ve farklı pH (5,7,9 ve 11) değerlerinde AR çözeltisi ile tekrarlandı. 100 mL'lik cam beherlere 5 mL boya çözeltisi aktarıldı ve distile su ile hacim 50 mL'ye tamamlandı. Boya çözeltisinin UV-Vis spektrumu alındı. Üzerine 0.05 gram ZnONP ilave edildi ve fiziksel adsorpsiyon dengesinin sağlanması için 60 dakika

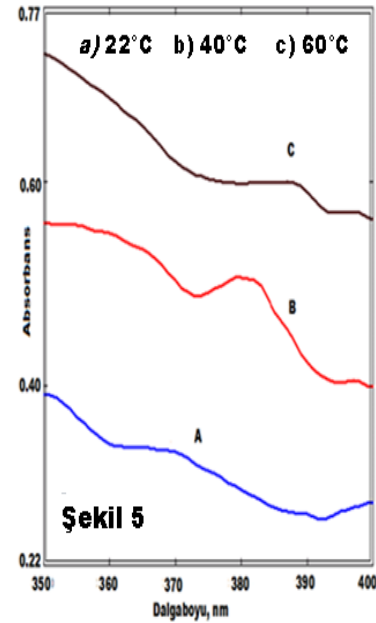
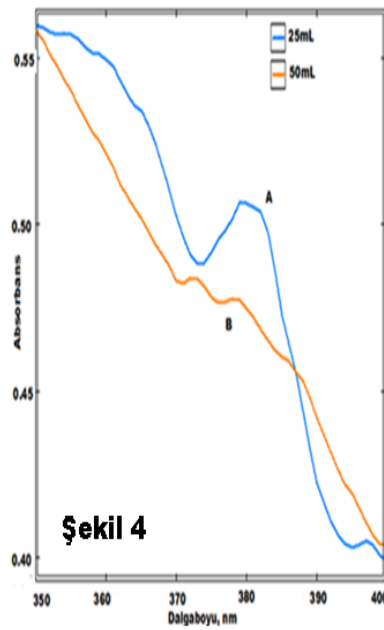
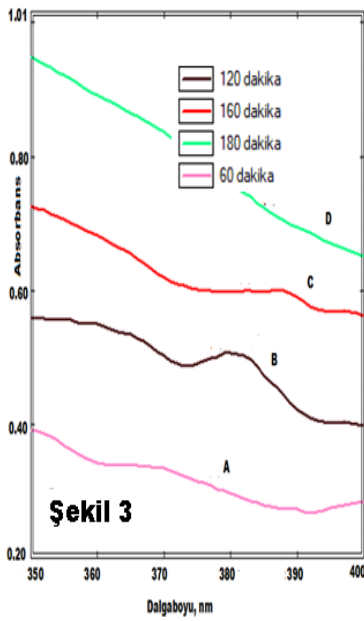
karanlık ortamda karıştırılan süspansiyondan bir şırınga yardımıyla bir kısım alındı. Santrifüjlenen örneğin 1.türev absorpsiyon spektrumunda  $\lambda_{max}$ :474 nm'deki türev absorbans değeri okundu. Fotokatalitik bozunma çalışmaları 160 dakika boyunca UV-ışık altında ışımaya tabi tutuldu. Bozunma oranı belli aralıklarla(1saat aralıkla) alınan numunelerin 1.türev absorpsiyon spektrumunda  $\lambda_{max}$ :474nm'de türev absorbans değerleri okunarak izlendi. İkinci aşamada ise denemeler 0.05g ZnONP ve optimum pH'da (pH5) farklı başlangıç boya konsantrasyonları (3,6,9,12 ve 15  $\mu\text{g/mL}$ ) için tekrarlandı.

### 3. DENEYSEL SONUÇLAR

#### 3.1 ZnONPs'in Oluşumunda Farklı Parametrelerin Etkisi

ZnONPs'in verimli üretimi için optimum koşulları belirlemek amacıyla reaksiyon farklı Zn-Ac/PVDKSE (v/v) oranı, süre ve sıcaklık değerleri için tekrarlandı.

ZnONPs'in sentezine sürenin etkisi[sıcaklık:60°C ve Zn-Ac:PVDKSE oranı hacimce 1:1 (v:v, mL:mL)] incelendiğinde reaksiyonun tamamlanması için 120 dakikanın yeterli olduğu ( $\lambda_{max}$ :382 nm) ve süre artınca daha büyük partiküllerin eldesi ile dalga boyunun kırmızıya (uzun dalga boyuna) kaydığı ve pik şeklinin daha yayvan olduğu görülmüştür (Şekil 3).



ZnONPs'in sentezine sabit sıcaklık(60°C) ve sabit karıştırma süresinde(120 dakika) bitki ekstraktının miktarının etkisi çalışmalarında alınan spektrumlar incelendiğinde 25mL bitki ekstraktı kullanıldığında simetrik ve belirgin pikin eldesi( $\lambda_{max}$ :375–385 nm) bu oranın sentez için daha uygun olduğunu göstermiştir(Şekil 4).

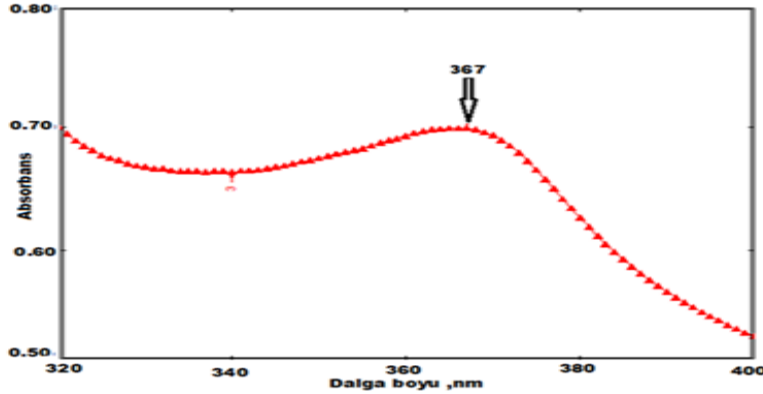
Sabit karıştırma süresi(2 saat) ve sabit Zn-Ac/PVDKSE hacim oranında(v/v:2) ZnONPs'in sentezine sıcaklığın etkisi üç farklı sıcaklık için (22°C, 40°C ve 60°C) çalışıldığında düşük sıcaklıkta küçük partiküllerin, yüksek sıcaklıkta ise büyük partiküllerin elde edildiği gözlenmiştir(Şekil5). 40°C sıcaklıkta ise ZnONP sentezine ait pikin daha belirgin oluşu bu sıcaklıkta daha çok partikül oluştuğunu belirtmektedir. ZnONP'lerin varlığı 382 nm'de oluşan pik ile açıkça görülmektedir. UV-Vis absorpsiyon piklerinin izlenmesi ile Zn-Ac/PVDKSE oranının 2, tepkime sıcaklığının 40°C ve reaksiyon süresinin 2 saat olduğu koşullar optimum koşullar olarak belirlenmiştir.

#### 3.2 Biyosentezlenmiş ZnONPs'in Karakterizasyonu

##### Sentezlenen ZnONP'lerin UV-Vis Analizi

Nanotaniciklerin sahip oldukları serbest elektronların yüzey plazmon rezonansına(SPR)sebeplmaları nedeniyle ZnONP'lerin oluşumu UV-Vis analizi ile takip edilebilir. Farklı tepkime koşullarında oluşan nanotanicikler açık krem-kahve rengine sahiptirler ve 350-400 nm dalga boyu aralığında UV-Vis spektrumları

incelendiğinde 360-380 nm dalga boyu aralığında görülen belirgin plazmon piki ZnONP'lerin sentezlendiğini göstermektedir. Plazmon pikinin dalga boyu aralığı ve genişliğinin oluşan nanopartikülün büyüklüğüne, metalin doğasına ve ortamın dielektrik sabitine bağlı olduğu bilinmektedir. Optimum koşullarda sentezlenen ve 500°C'de fırınlanan ZnONP'lere ait absorpsiyon spektrumu Şekil 6'da görülmektedir.

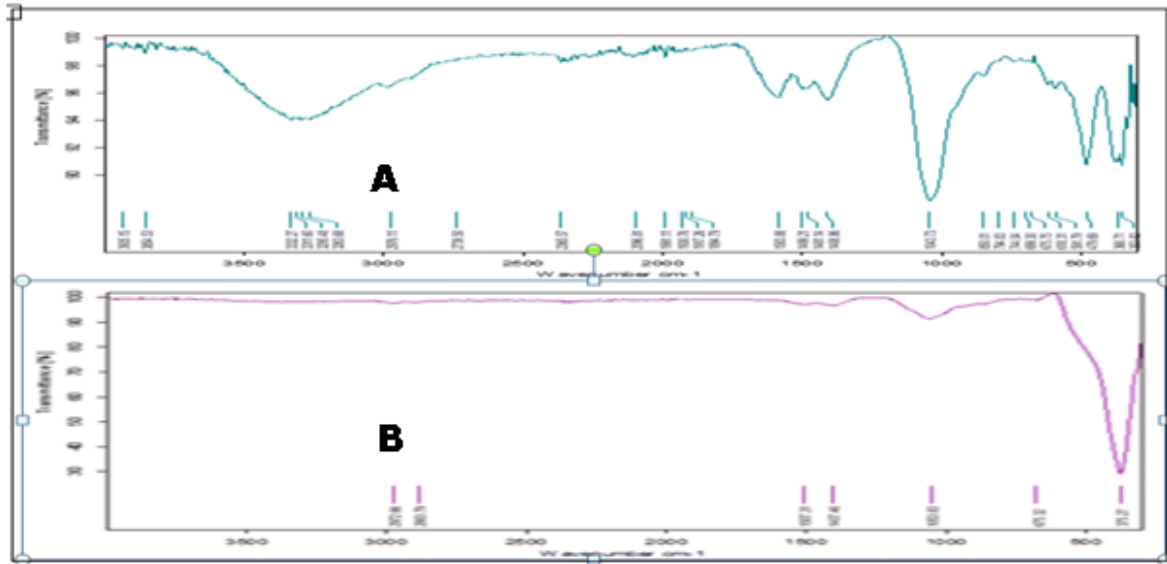


Şekil 6. ZnONP'lerin Absorpsiyon Spektrumu

### Sentezlenen ZnONP'lerin FITIR Analizi

ZnO nanotaneçiklerin sentezinin gerçekleştiğini görmek ve reaksiyonun hangi bağlar üzerinden yürüdüğünü belirleyebilmek için bitki özütünün ve 500°C'de kalsine edilmiş ZnONP'lerin alınan FTIR spektrumları Şekil 7'da verilmiştir.

Yapılan karşılaştırmada PVDK sulu ekstresine ait olan spektrumda 3232 cm<sup>-1</sup> (O-H), 2928 cm<sup>-1</sup>(C-H), 1581 cm<sup>-1</sup>(C=C)'de görülen piklerin 500°C'de kalsine edilmiş ZnONP'e ait olan spektrumda büyük oranda azaldığının gözlenmesi ve 417 cm<sup>-1</sup>'de (Zn-O) bağının varlığını kanıtlayan pikin oluştuğunun belirlenmesi ZnONP oluşumunu göstermektedir. FT-IR spektrumlarındaki bu yapısal değişiklikler, ZnONP'lerin oluşmasında bitki ekstresindeki moleküllerin yer aldığını göstermektedir. Elde edilen bulgular literatür bilgileri ile uyumludur.



Şekil 7 . A ) Antep Fıstığı Dış Kabuklarının Sulu Ekstraktına ait FT-IR Spektrumu, B) Optimum Koşullarda Sentezlenen ve 500°C de Fırınlanan ZnONPs'e ait FT-IR Spektrumu

### 3.3 ZnONP'lerin Fotokatalitik Özelliklerinin İncelenmesi

AR boya çözeltisi UV-ışık ve gün ışığı altında fotokatalitik işleme tabi tutuldu ve ZnONP'lerin fotokatalizör etkinliği pH, süre ve boyar madde çözeltisinin başlangıç konsantrasyonu gibi parametrelerin değiştirilmesiyle araştırıldı.

Fotokatalitik reaksiyonda boyar maddenin bozunma yüzdesi (%), hazırlanan standart çözeltilerin (4-20 µg/mL) ölçülen 1.türev absorbans değerleri ile karşılık gelen konsantrasyon değerleri arasında çizilen standart eğri (Şekil 8)denklemini ve aşağıdaki eşitlikten hesaplandı.

Standart eğri denklemi:  ${}_{474}D^1 = a \times C + b$ ,

Burada;  ${}_{474}D^1$ : 474 nm dalga boyunda ölçülen 1. türev absorbans değeri

C: Konsantrasyon (µg/mL)

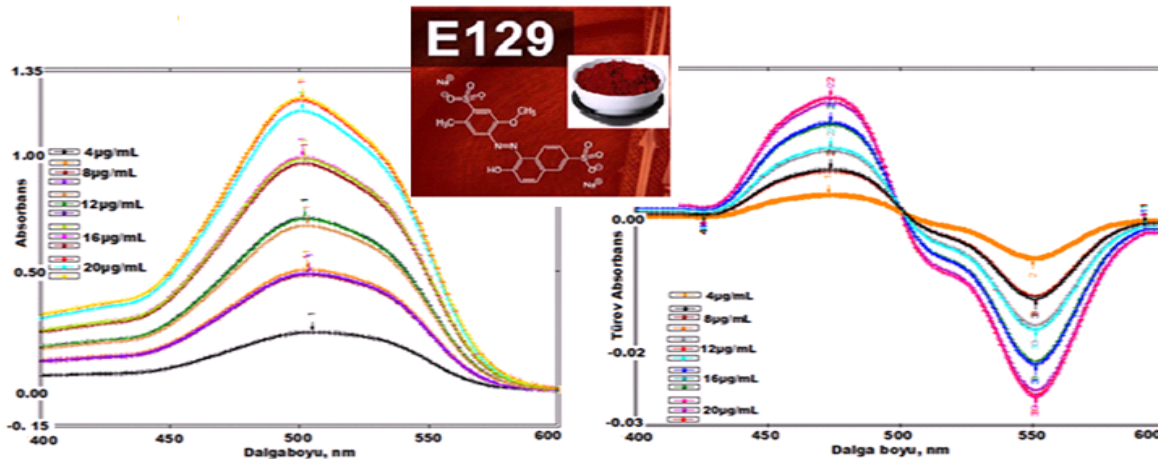
AR için standart eğri denklemi:  ${}_{474}D^1 = 0.0013C + 0.0012$  ( $R^2 = 0.9983$ )

Boyar maddenin bozunma yüzdesi (%D) ise,

$\%D = [(C_0 - C_t) / C_0] \times 100$ , eşitliği ile hesaplanmıştır.

Burada;  $C_0$ : boyar madde çözeltisinin başlangıç konsantrasyonu,

$C_t$ : ışınlama sonrası t anında boyar madde çözeltisinin konsantrasyonu.



Şekil 8. AR'in Standart Eğrisine Ait (A) Absorpsiyon (B) 1.Türev Absorpsiyon Spektrumları

pH'in boyar maddenin bozunmasındaki rolünü incelemek önemlidir. pH'in etkisini incelemek için, sabit ZnONP(0.05 g) ve sabit boyar madde konsantrasyonunda(10µg/mL) çeşitli pH değerlerinde (5-11) deneyler yapıldı. UV ışık altında 4 saat sonunda elde edilen fotokatalitik bozunma yüzdesi Tablo 1'de verilmiştir. pH değerindeki artışla bozunma veriminin azaldığı ve pH5'de maksimum bozunma olduğu gözlemlendi. Boyar madde çözeltisinin doğal pH'ı 5 olduğundan ve maksimum bozunma verimliliği de bu pH değerinde elde edildiğinden doğal pH, bozunma için optimum olarak kabul edilmiştir. Tablo 1, pH'in bir fonksiyonu olarak fotokatalizörün renk giderme etkinliğini göstermektedir. Sonuçlar ZnONP katalizörlüğünde boyar maddenin asidik bölgede daha yüksek verimle bozunduğunu göstermektedir.

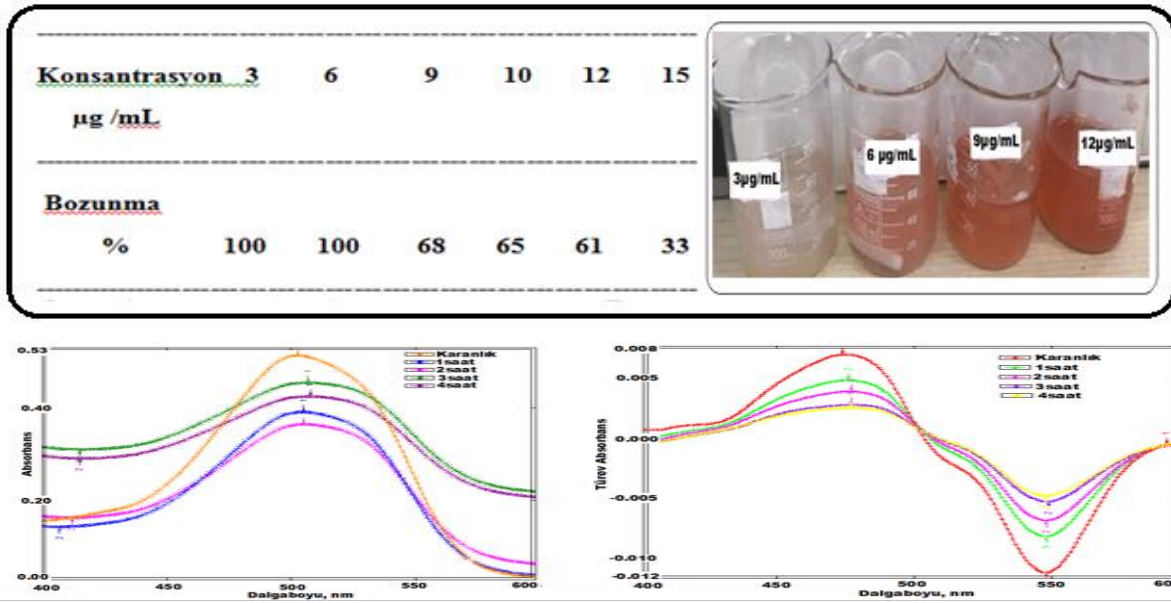
Tablo 1. Farklı pH Ortamlarında AR Çözeltisinin UV Işık Altında Fotokatalitik Bozunma Yüzdesi

pH	5	7	9	11
Bozunma				
%	65	28	25	12.5

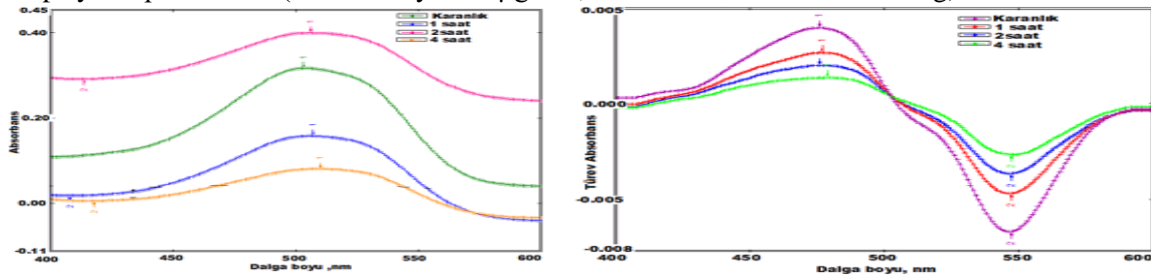


Boyar madde çözeltisinin başlangıç konsantrasyonunun fotokatalitik bozunma üzerindeki etkisi optimum pH (5.0) ve sabit katalizör dozunda (ZnONPs: 0.05 g) araştırıldı. AR çözeltisinin konsantrasyonu 3.0 -15.0 µg/mL arasında değiştirilmiştir. Şekil 9 ve 10'da görüldüğü gibi artan süre değerlerinde alınan absorpsiyon spektrumlarında santrifüjleme yapılmasına rağmen matriks etkisi nedeniyle spektrumlarda düzenli azalma görülmektedir. 1.türev absorpsiyon spektrumları alındığında bu etki giderilmiştir. Tablo2'deki veriler incelendiğinde boya konsantrasyonundaki artışla bozunma veriminin düştüğü görülmektedir. Bu davranışın arkasındaki neden, katalitik aktiviteyi azaltan katalitik yüzeydeki adsorpsiyonun artmasından kaynaklanabilir (Barakat, 2010). AR çözeltisi konsantrasyonundaki artışlar, boya çözeltisine giren fotonun yol uzunluğunu da azaltır. Yüksek boya konsantrasyonunda önemli miktarda UV ışığı katalizör yerine boyar madde molekülü tarafından emilir ve bu da katalitik verimliliği azaltabilir. Literatürde birçok araştırmacı tarafından aynı eğilimler gözlemlenmiştir (Elaziouti et al.,2011; Priti and Dhiraj, 2011).

**Tablo 2 .** Farklı konsantrasyondaki(3-15 µg/mL) AR çözeltilerinin UV ışık altında fotokatalitik bozunma yüzdeleri ( pH 5 ; süre:4saat; fotokatalist miktarı:0.05 g)



**Şekil 9.** pH:5 Ortamında AR Boyar Maddesinin Fotokatalitik Bozunmasına Ait Absorpsiyon ve 1.Türev Absorpsiyon Spektrumları(konsantrasyon:10µg/mL; süre:4 saat; fotokatalist:0.05 g)



**Şekil 10.** pH:5 Ortamında AR Boyar Maddesinin Fotokatalitik Bozunmasına Ait Absorpsiyon ve 1.Türev Absorpsiyon Spektrumları (konsantrasyon: 6µg/mL; süre:4 saat; fotokatalist: 0.05 g)

Belirlenen optimum koşullarda güneş ışığının fotokatalitik işleme AR çözeltisinin bozunması üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla aynı çalışma gün ışığında tekrarlandı. 4 saat sonunda gün ışığında bozunma yüzdesi %10 olarak bulundu. Çalışma ayrıca ZnONP fotokatalizörünü kullanmadan saf AR çözeltisinin hem gün ışığı hem de UV ışık altında bozunma miktarını belirlemek amacıyla 4 saat süre için tekrarlandı ve alınan ölçümler sonucunda boyar madde çözeltisinde bozunma görülmemiştir.

## Kaynaklar

- Barakat MA 2010 Adsorption and photodegradation of Procion yellow H-EXL dye in textile wastewater over TiO<sub>2</sub> suspension, *Journal of Hydro-environment Research*,5(2):137-142.
- Elaziouti A , Laouedj N and Bekka A 2011 ZnO-Assisted Photocatalytic Degradation of Congo Red and Benzopurpurine 4B in Aqueous Solution. *Journal of Chemical Engineering & Process Technology*., 2:1-9.
- Priti B and Dhiraj S 2011 Photodegradation of commercial dye, Procion Blue HERD from real textile wastewater using nanocatalysts, *Desalination* , 267: 244–249.

## Trace element optimization in synthesis gas fermentation

Simge Sertkaya<sup>a</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2922-1192>), Nuri Azbar<sup>b\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4463-0197>), Tugba Keskin Gundogdu<sup>c\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9354-7774>)

Ege University, Research and Application Center for Environmental Problems<sup>a</sup>, Izmir, Turkey

Ege University, Department of Bioengineering<sup>b</sup>, Izmir, Turkey

Izmir Democracy University, Department of Environmental Protection<sup>c</sup>, Izmir, Turkey

\*Corresponding author e-mail: [tugba.keskingundogdu@idu.edu.tr](mailto:tugba.keskingundogdu@idu.edu.tr), [nuri.azbar@ege.edu.tr](mailto:nuri.azbar@ege.edu.tr)

### Abstract

Increase in carbon dioxide and other greenhouse gases in the atmosphere are the main cause of global warming. The biggest impact of global warming is climate change. Syngas is a mixture of CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> gases that are obtained through gasification and pyrolysis of biomass. Syngas fermentation results in production of ethanol and acetic acid from CO by a set of biochemical reactions known Wood-Ljungdahl pathway under anaerobic conditions. In this context, conversion of synthetic gas to bioethanol, which is an alternative biofuel to fossil fuels, is considered to be a promising approach in mitigating the negative effects of global warming by reducing greenhouse gas emissions.

The main driving argument of this study is to offer an economically sustainable basal media which is rich in trace elements, since the current commercial trace elements mixtures requires the purchase of highly expensive chemical components to prepare the required basal environment. Therefore, it is crucial to optimise the necessary recipe for trace element in order to reduce the potential production costs. For this purpose, Plackett Burman statistical method was used to select the most effective trace elements (Ni, Mg, Ca, Mn, Co, Cu, B, W, Zn, Fe and Mo) in batch experiments using *Clostridium ljungdahlii* at 37°C. As a result of 11 experimental sets which were determined by Plackett Burman method, an optimized trace element recipe was formulized. It was observed that the use of trace elements increased ethanol production approximately 3.5 times, the effect of Ni was negligible, and the model created was statistically significant ( $p = 0.0228 < 0.05$ ). Optimum trace element combination was determined to be as follows; 0.02 g/L Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> x 2H<sub>2</sub>O, 0.75 g/L FeSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O, 0.02 g/L NiCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O, 0.01 g/L MgSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O, 0.79 g/L MnSO<sub>4</sub> x H<sub>2</sub>O, 0.20 g/L CoCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O, 0.01 g/L CuCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O, 0.01 g/L H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>.

**Keywords:** Trace elements, Syngas fermentation, Bioethanol, *Clostridium Ljungdahlii*

### INTRODUCTION

Air pollution has direct negative effect on human health lowering the quality of life, especially for infants under the age of 5. Increased industrialization and the number of transportation vehicles in recent years have caused not only global warming but also a significant increase in air pollution. Both environmental problems requires an urgent action in terms of finding sustainable, safe and alternative renewable energy sources that will help combating with global warming (Durre et al., 2015; Faizal et al., 2014; Atabani et al., 2014; De et al., 2014; Lendrum et al., 2019).

Among the various clean energy alternatives, bioethanol is considered to be one of the most promising one. In this context, syngas fermentation to bioethanol as an alternative biofuel would be an important attempt to reduce greenhouse gas emissions and consequently climate change (Abubackar et al., 2011).

Bio-ethanol production is generally carried out by fermentation of first generation sources (sugar beet, corn, glucose) or second generation sources (lignocellulosic wastes such as urban solid wastes, grass, field wastes) after extracting sugars by proper pre-treatment operations (Liew et al., 2016). Syngas fermentation for ethanol production has gained significant attention in recent years due to the fact that this process does not use and first or second generation sources and do not need costly pre-treatment techniques. Thereby, bioethanol production has a chance to be independent from limited sources (Devarapalli et al., 2015). Moreover, use of stack gases which are the main cause of air pollution could be valorised by this way. In this manner, mainly steel industry and oil refineries which are significant consumers of coal and natural gas could be a good candidate for bioethanol production and be a role model for sustainable and environment friendly industry (Kopke et al., 2010). Some micorganisms are specialised in gas fermentation in which CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>

compounds are metabolized in to value added chemicals including ethanol (Lennartsson et al., 2014; Dürre et al., 2015). Syngas (synthesis gas) which is a mixture of CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> is good material for this valorisation process (Abubackar et al., 2011). Syngas is produced during a thermal process known as gasification, which converts any carbon-based material from combustion to gas (Sikarwar et al., 2016). The content of the synthesis gas varies according to the characteristics of the raw material and the gasification method (Sikarwar et al., 2016). Syngas fermentation is the production of ethanol and acetic acid from CO via Wood-Ljungdahl pathway of anaerobic bacteria (Aghbashlo et al., 2016; Richter et al., 2013; Liu et al., 2012; Huhnke et al., 2010). Microbial species such as *Clostridium ljungdahlii*, *Clostridium ragsdalei*, *Clostridium autoethanogenum* can produce ethanol and acetic acid (acetate) from CO under anaerobic conditions by means of Wood-Ljungdahl pathway (Aghbashlo et al., 2016).

Trace elements, which are components of basal media to be used in bioethanol production from syngas, are one of the important parameters for ethanol production by synthesis gas fermentation, since these elements act as co-factors in ethanol formation biochemistry. Hence, deficiency or excess amount of these trace elements may cause failure in ethanol production efficiency. In addition, excess use of these elements would also increase the production costs.

In this study, trace element concentrations in ethanol production by syngas fermentation using *Clostridium ljungdahlii* were optimized by statistical experiment design method (Plackett Burman) and an efficient recipe is presented.

## MATERIAL AND METHOD

### Microorganisms

*Clostridium ljungdahlii* DSM 13528 was obtained from Deutsche Sammlung von Mikroorganismen und Zellkulturen (DSMZ) GmbH (Braunschweig, Germany) culture collection in lyophilized form. The medium recommended by DSMZ was used in the revitalization process. For long-term storage, the microorganism was kept in 20% glycerol stock at -80°C and their continuity was ensured. All these studies were carried out in the laminar flow cabinet (Tellstar Class II, USA).

### Growth Medium

Content of the growth medium is as follows; NH<sub>4</sub>Cl (1 g/L), KCl (0,1 g/L), MgSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O (0,2 g/L), NaCl (0,8 g/L), KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (0,1 g/L), CaCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O (0,02 g/L), Yeast extract (1 g/L), 10 mL/L trace element solution, 0,5 mL Na-resazurin solution (% 0.1 w / v), 1 gr/L NaHCO<sub>3</sub>, 5 gr/L D-Fruktoz, 10 mL/L vitamin solution, 0.3 gr/L L-Cystein.HCl x H<sub>2</sub>O, 0.3 gr/L Na<sub>2</sub>S x 9H<sub>2</sub>O. Trace element solution content; 1,5 g/L nitriloacetic acid, 3 g/L MgSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O, 0,5 g/L MnSO<sub>4</sub> x H<sub>2</sub>O, 1 g/L NaCl, 0,1 g/L CaCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O, 0,18 g/L ZnSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O, 0,01 g/L CuSO<sub>4</sub> x 5H<sub>2</sub>O, 0,02 g/L KAl (SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> x 12H<sub>2</sub>O, 0,01 g/L H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0,3 mg/L Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> x 5H<sub>2</sub>O, 0,4 mg/L Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> x 2H<sub>2</sub>O. Vitamin solution content; 2 mg/L biotin, 2 mg /L folic acid, 10 mg/L pyridoxine-HCl, 5 mg/L Thiamine-HCl, 5 mg/L Riboflavin, 5 mg/L nicotinic acid, 5 mg/L D-Ca pantoate, 0.1 mg/L Vitamin B12, 5 mg/L p-aminobenzoic acid, 5 mg/L lipoic acid.

### Batch Reactors

In this study, 100 mL glass bottles with 50 mL working volume were used as batch bioreactors. In order to carry out the experiments in anaerobic conditions, the bottles were closed with a rubber stopper after adding the liquid medium and capped with an aluminium ring. The headspace was purged with 99% pure nitrogen to remove oxygen from the reactor and maintain anaerobic conditions. The reactors were sterilized for 20 minutes at 121° C using autoclave (Hirayama 110 L). After sterilization, fructose (50 mL / L) and vitamin solution (10 ml / L) were added from sterile stocks to the reactors. Medium was inoculated with 10% (v/v) active culture (Mohammadi et al., 2016; Anggraini et al., 2018). Batch reactors were kept in 37° C incubator for 24-48 hours, which is the optimum growth temperature of the microorganism (Anggraini et al., 2018). *Clostridium ljungdahlii* was subcultured by transferring it to fresh medium weekly. The pH was kept constant between 4.5-5. When necessary, 2 M HCl or 2 M NaOH is used for pH adjustment.

### Trace Elements and Statistical Analysis

Since the components of the basal media to be used in the production of bioethanol from synthesis have high purity and they are expensive chemicals, it will be possible to use lower concentrations than the recommended values in the literature, which will contribute to the reduction of process costs. In this study, Plackett Burman statistical design method was used to select the most effective trace elements and determine their effects. The

following experimental design given in Table 1 was generated. The concentration ranges of the trace elements used have been decided according to the literature. Maximum values of trace elements used in this study were as follows; Fe (0,8 g/ L); Co 0,2 g/ L); Cu (0,1 g/ L); Mn (1 g/ L), Mo (0,02 g/ L), Ni (0,02/ L), Ca (0,1 g/ L), W (0,02 g/ L), Zn (0,2 g/ L), B (0,01 g/ L) and Mg (3 g/ L) (Najafpour et al., 2006; Cotter et al., 2009; Kim et al., 2014; Aghbashlo et al., 2015; Xie et al., 2015; Aghbashlo et al., 2016) and minimum values were set at 0 mg / L. The recommended concentration combinations for each experimental run in the Plackett-Burman design are listed in Table 1.

**Table 1.** Trace Element Concentrations in Batch Reactors

	Factor 1	Factor 2	Factor 3	Factor 4	Factor 5	Factor 6	Factor 7	Factor 8	Factor 9	Factor 10	Factor 11	Response 1
Std	A:NaMoO4.2H2O	B:Na2WO4*2H2O	C:FeSO4*7H2O	D:ZnSO4*7H2O	E:NiCl2*6H2O	F:MgSO4*7H2O	G:MnSO4*H2O	H:CoCl2*6H2O	J:CaCl2H2O	K:CuCl2*2H2O	L:H3BO3	ETOH
	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	g/L	mg/L
1	0.02	0.02	0.00	0.20	0.02	3.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	
2	0.00	0.02	0.80	0.00	0.02	3.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.01	
3	0.02	0.00	0.80	0.20	0.00	3.00	1.00	0.20	0.00	0.00	0.00	
4	0.00	0.02	0.00	0.20	0.02	0.00	1.00	0.20	0.10	0.00	0.00	
5	0.00	0.00	0.80	0.00	0.02	3.00	0.00	0.20	0.10	0.10	0.00	
6	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	3.00	1.00	0.00	0.10	0.10	0.01	
7	0.02	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	1.00	0.20	0.00	0.10	0.01	
8	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	3.00	0.00	0.20	0.10	0.00	0.01	
9	0.02	0.02	0.80	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.10	0.10	0.00	
10	0.00	0.02	0.80	0.20	0.00	0.00	0.00	0.20	0.00	0.10	0.01	
11	0.02	0.00	0.80	0.20	0.02	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.01	

The amounts of Ni, Mg, Ca, Mn, Co, Cu, B, W, Zn, Fe and Mo in the trace element solution prepared according to DSMZ 879 *Clostridium ljungdahlii* basal medium composition were changed according to the experimental pattern created and 11 different trace element solutions were prepared. 1.5 g / L nitriloacetic acid and 1 g / L NaCl were added to all reactors. Batch reactor experiments were repeated in duplicate (Anggraini et al., 2018). Reactors were inoculated by 10% (v/v) from stock cultures. On the third day when bacteria growth was observed, an injection of 10 mL of pure CO, which was the optimum amount in previous experiments, was performed to be used as a substrate (Gunay et al., 2020). After the injection, samples were taken from the bottles aseptically for OD and Ethanol analysis. Analysis were carried out as the sample was taken. Samples were kept at -4° C for ethanol analysis that could not be analysed on same day. The results of the experimental sets were analysed using the Design Expert 7.0, (StatEase®, USA) program.

## Analytical Methods

*OD (Optical Density) measurement:* growth of the microorganism was followed by Optical Density (OD) measurements at 600 nm. The processes were carried out in a ThermoScience UV spectrophotometer at 600 nm wavelength. Pure water was used as a blank.

*pH measurements:* The medium was monitored for daily pH changes with pH paper (Merck 0-14).

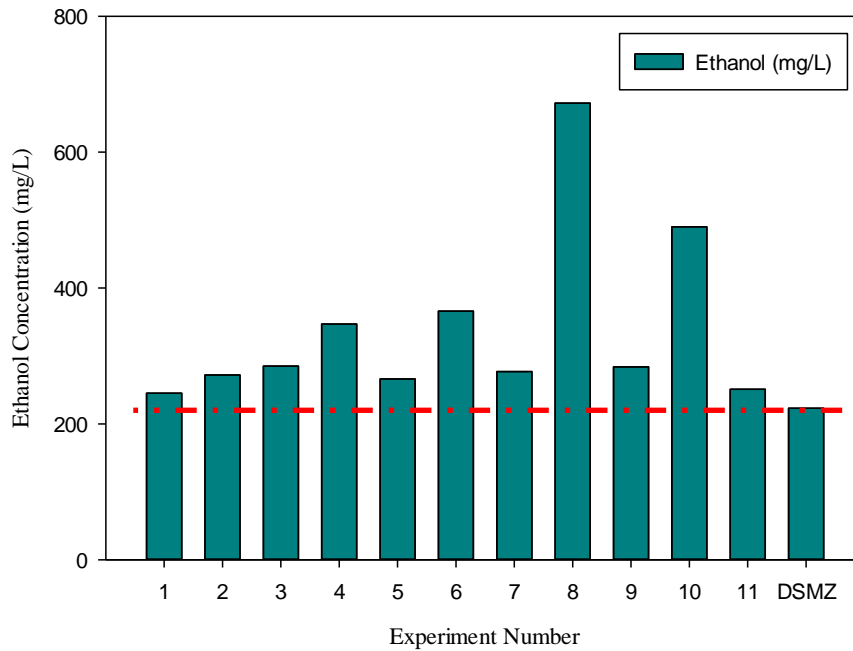
*Ethanol concentration determination with High Performance Liquid Chromatography (HPLC):* The HPLC device is ThermoScience Ultimate 3000 UHPLC +. Refractive Index Detector (RID) is used. HyperREZ XP Carbohydrate +H 8  $\mu$ m (30 x 2,5 x 8) column was used. The carrier liquid is designated as 10 mM H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Flow rate is 1 mL/min, pressures are 70-80 bar, column temperature is 50° C. The samples taken before the analysis were first centrifuged at 10000 rpm for 10 minutes to precipitate the biomass, then filtered through 0.22  $\mu$ m filters (Xie et al., 2015).

## RESULTS & DISCUSSION

### Results of Statistical Analysis and Trace Element Effects

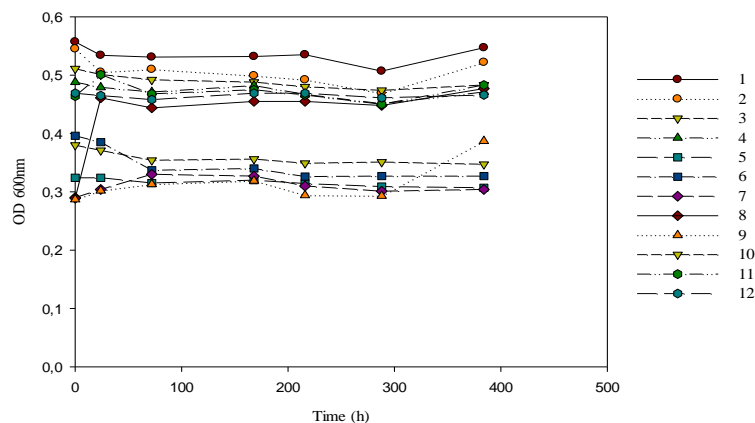
The trace element effects on the ethanol production potential was investigated by batch reactor experiments lasting 384 hours with the fermentation process where CO, which is the most abundant gas in the synthesis gas content, was used as a substrate. Trace element concentrations in the anaerobic batch reactors used were prepared according to Table 1. A batch reactor with DSMZ growth medium for trace element amounts was also prepared to compare performances. When ethanol concentration values are examined, it was observed that for all reactors higher amount of ethanol production with different media compositions compared to DSMZ media. While 200 mg / L ethanol production was observed with DSMZ media, it was observed that ethanol production varying between 240-650 mg / L as a result of changing the media content by statistical method.

Maximum ethanol production was observed as 650 mg / L with a medium content of number 8, followed by a medium content of number 10 as 550 mg / L. Figure 1 shows the effect on ethanol production by using different concentrations of trace elements in batch reactor experiments. It is seen that the use of trace elements in appropriate proportions increases ethanol production approximately 3.5 times.



**Fig 1.** Ethanol Concentrations from the Trace Element Optimization Experiments

OD values of the samples showed that the exponential growth (logarithmic phase) ended after 48 hours after the inoculation process and the growth ended by 384 h. Cell density was measured at OD 600 nm and the during the experiment a death phase was not observed because of the sporulated structure of the bacteria (Fig 2). Similar trend was observed in OD values in all media contents and a rapid increase of OD was observed at the 48th hour with reactor 8. With reactor 8 the highest ethanol production was also observed which shows the relationship between bacterial growth and ethanol production performance clearly. It was also seen that OD values are the highest in the media content numbered 1. A similar performance to DSMZ medium was observed in terms of ethanol production in this reactor with a high initial bacteria concentration. Another important observation is that the initial bacterial concentrations in reactors 5 and 9 are low. Similar values were observed in terms of ethanol production in these reactors. In the reactor with number 10 media content, although the initial bacteria concentration was at the average level, a higher performance was observed in ethanol production compared to DSMZ content.



**Fig 2.** OD Values at 600 nm of the Trace Element Optimization Experiments

The observed ethanol production values were analysed in the Design Expert 7.0 program. Zn and Mo effects were negligible, and the model created was statistically significant ( $p = 0.0228 < 0.05$ ), depending on the results of the experiments conducted according to the experimental design created in the Design Expert 7.0 program (Fig 3). The analysis continued with the values that the model was significant.

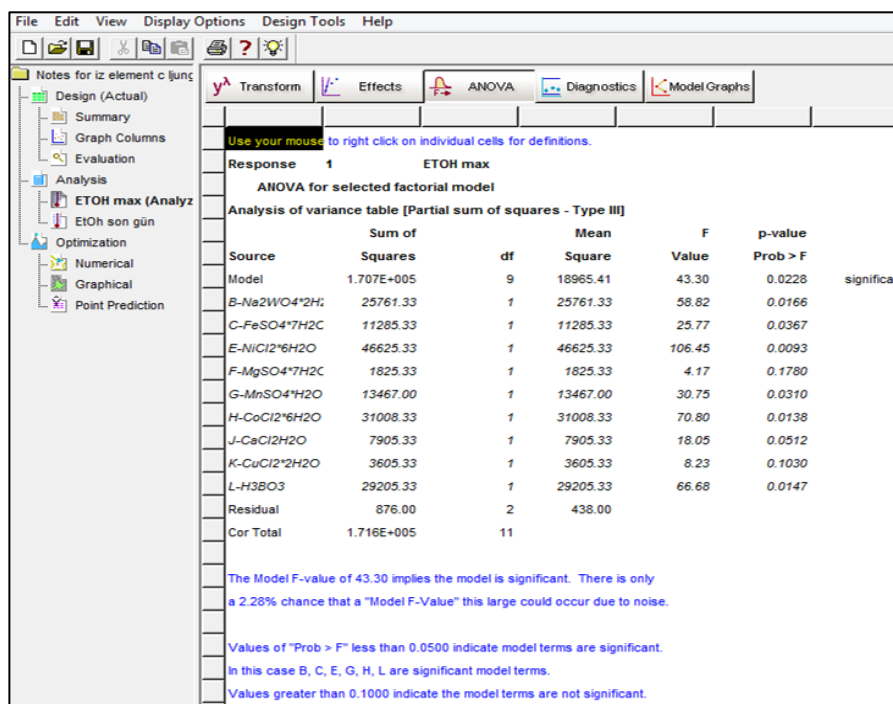


Fig 3. Anova Analysis Report by Plackett Burman in Trace Element Optimization with *Clostridium ljungdahlii*

As a result of the analysis made with the model obtained by Plackett Burman design, the Pareto Chart was used to evaluate the effective factors. In the Pareto Chart, E: Ni, H: Co, L: B, B: W, G: Mn, C: Fe, J: Ca, K: Cu, F: Mg, D: Zn, A: Mo. It can be clearly seen from Fig 4 that the most effective factor was E (Ni). Other important elements in terms of their effects were determined as Co, W and Mn. Trace elements with the lowest effect were determined as Zn and Mo. The elements that are observed to be effective in our experiment results are in parallel with the results of the studies from literature (Abubackar et al. 2011).

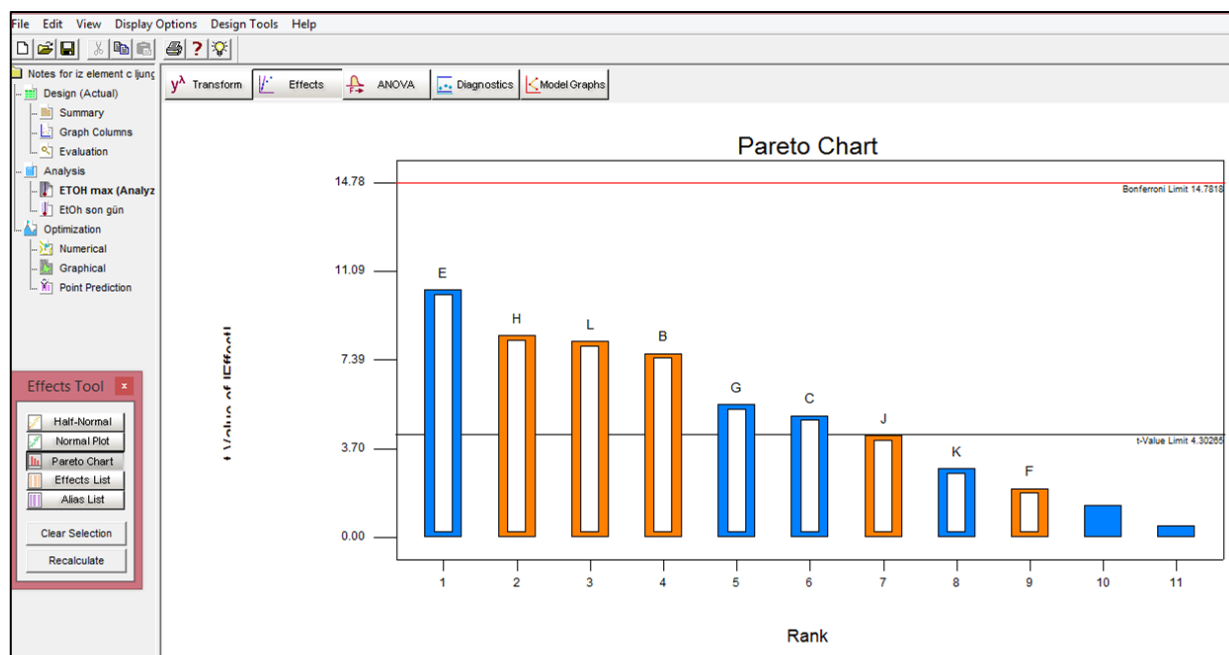


Fig 4. Pareto Chart by Plackett Burman in Trace Element Optimization with *Clostridium ljungdahlii*

The optimum trace element combination for ethanol production is 0.02 g/L Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub> x 2H<sub>2</sub>O, 0.75 g/L FeSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O, 0.02 g/L NiCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O, 0.01 g/L MgSO<sub>4</sub> x 7H<sub>2</sub>O, 0.79 g/L MnSO<sub>4</sub> x H<sub>2</sub>O, 0.20 g/L CoCl<sub>2</sub> x 6H<sub>2</sub>O, 0.01 g/L CuCl<sub>2</sub> x 2H<sub>2</sub>O, 0.01 g/L H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> with 99% (R<sup>2</sup> = 0.9949) model significance. (Table 2). It was observed that the relationship between the validation experiments and the experimental data and the values predicted by the model was consistent.

**Table 2.** Optimum Values for Trace Element Optimization with *Clostridium ljungdahlii*

Solutions											
No	CaCl <sub>2</sub> *H <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> WO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	FeSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	NaMoO <sub>4</sub> *2H <sub>2</sub> O	NiCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	MgSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	MnSO <sub>4</sub> *H <sub>2</sub> O	CoCl <sub>2</sub> *6H <sub>2</sub> O	ZnSO <sub>4</sub> *7H <sub>2</sub> O	CuCl <sub>2</sub> *2H <sub>2</sub> O	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>
1	0.00	0.02	0.75	0.00	0.02	0.01	0.79	0.20	0.00	0.01	0.01
2	0.00	0.02	0.68	0.00	0.02	0.00	0.81	0.20	0.00	0.00	0.01
3	0.00	0.02	0.80	0.00	0.02	1.02	0.82	0.20	0.00	0.00	0.01

When looking at the media compositions in the literature, it is possible to not use any CaCl<sub>2</sub> at all, to use Na<sub>2</sub>WO<sub>4</sub>x2H<sub>2</sub>O as 0.02 mg/L instead of 0.5 mg/L, to use MnSO<sub>4</sub> as 0.79 g L instead of the recommended 0.5 g/L, and to use MgSO<sub>4</sub> as 0.01 mg/L instead of the recommended 3 g/L. Looking at the optimization study, it can be seen that the values can be significantly reduced economically in case of scaling up in the process.

## CONCLUSION

Ethanol production with the fermentation of CO, one of the important gases that cause air pollution, is an efficient, sustainable and environmentally friendly approach. Since ethanol production can be directly affected by high or low concentrations of trace elements, trace element concentration optimization is very important to increase ethanol production efficiency. The effect of media of various trace element concentrations on syngas fermentation using *Clostridium ljungdahlii* was investigated. The results indicated that trace elements had significant effect on the efficiency of ethanol production. The optimised recipe would help to reduce production costs. In this study, 3.5 times higher enhancement in ethanol production was achieved by the help of statistical experimental design method (Plackett-Burman).

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors wish to thank TUBITAK CAYDAG for the financial support of this study under grant number of 118 Y 305.

## REFERENCES

- Abubackar HN, Veiga MC, Kennes C 2011. Biological conversion of carbon monoxide: rich syngas or waste gases to bioethanol. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 5:93–114.
- Aghbashlo M, Tabatabaei M, Hosseini SS, Younesi H, Najafpour G 2016. Performance analysis of a continuous bioreactor for ethanol and acetate synthesis from syngas via *Clostridium ljungdahlii* using exergy concept. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 18:853–865.
- Aghbashlo M, Tabatabaei M, Dadak A, Younesi H, Najafpour G 2016. Exergy-based performance analysis of a continuous stirred bioreactor for ethanol and acetate fermentation from syngas via Wood–Ljungdahl pathway. *Chemical Engineering Science* 143:36-46.
- Anggraini I, Kresnowati MTAP, Purwadi R, Setiadi T 2018. Bioethanol Production via Syngas Fermentation. *MATEC Web of Conferences*, 156,03025.
- Atabani AE, Mofijur M, Masjuki HH, Badruddin IA, Chong WT, Cheng SF, Gouk SW 2014. A study of production and characterization of Manketti (*Ricinodendron rautonemii*) methyl ester and its blends as a potential biodiesel feedstock. *Biofuel Research Journal*, 4:139-146.
- Cotter JL, Chinn MS, Grunden AM 2009. Ethanol and acetate production by *Clostridium ljungdahlii* and *Clostridium autoethanogenum* using resting cells. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 32 :369–380
- De S, Luque R 2014. Upgrading of waste oils into transportation fuels using hydrotreating technologies. *Biofuel Research Journal*, 4:107-109.



- Devarapalli M, Atiyeh HK 2015. A review of conversion processes for bioethanol production with a focus on syngas fermentation. *Biofuel Research Journal*,7:268-280.
- Durre P, Eikmanns BJ 2015. C1-carbon sources for chemical and fuel production by microbial gas fermentation. *Current Opinion in Biotechnology*, 35:63-72.
- Faizal M, Saidur R, Mekhilef S, Hepbasli A, Mahbubul IM 2014. Energy, economic, and environmental analysis of a flat-plate solar collector operated with SiO<sub>2</sub> nanofluid. *Clean Technologies and Environmental Policy* volume 17:1457–1473.
- Gunay B, Azbar N, Keskin T 2020. The effect of corn syrup and whey on the conversion process of CO to ethanol using *Clostridium ljungdahlii*. *Chemosphere* 261:12773.
- Huhnke RL 2010. Patent No:US7,704,723B2. United States Patent. US007704723B2.
- Kim YK, Park SE, Lee H, Yun JY 2014. Enhancement of bioethanol production in syngas fermentation with *Clostridium ljungdahlii* using nanoparticles. *Bioresource Technology* 159 :446–45.
- Kopke M, Held C, Hujer S, Liesegang H, Wiezer A, Wollherr A, Ehrenreich A, Liebl W, Gottschalk G, Durre P 2010. *Clostridium ljungdahlii* represents a microbial production platform based on syngas. *PANAS*, 107(29)13087-13092.
- Lendrum DC, Ustun AP 2019. Climate change, air pollution and noncommunicable diseases. *Bulletin of the World Health Organization*, 97 (2), 160 - 161.
- Lennartsson PR, Erlandsson P, Taherzadeh MJ 2014. Integration of the first and second generation bioethanol processes and the importance of by-products. *Bioresource Technology* 165:3-8.
- Liew FM, Martin ME, Tappel RC, Heijstra BD, Mihalcea C, Kopke M 2016. Platform for Commercial Scale Production of Low-Carbon-Fuels and Chemicals from Waste and Renewable Feedstocks. *Frontiers in Microbiology*, 7:694.
- Liu K, Atiyeh HK, Tanner RS, Wilkins MR, Huhnke RL 2012. Fermentative production of ethanol from syngas using novel moderately alkaliphilic strains of *Alkalibaculum bacchi*. *Bioresource Technology* 104:336–34.
- Mohammadi M, Mohamed AR, Najafpour G, Younesi H, Uzir MH 2016. *Clostridium ljungdahlii* for production of biofuel from synthesis gas. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 38:3, 427-434.
- Najafpourea G, Younesi H 2006. Ethanol and acetate synthesis from waste gas using batch culture of *Clostridium ljungdahlii*. *Enzyme and Microbial Technology* 38: 223–228.
- Richter H, Martin ME, Angenent LT 2013. A Two-Stage Continuous Fermentation System for Conversion of Syngas into Ethanol. *Energies*, 6, 3987-4000.
- Sikarwar VS, Zhao M, Clough P, Yao J, Zhong X, Memon MZ, Shah N, Anthony AJ, Fennell PS 2016. An overview of advances in biomass gasification. *Energy Environ. Sci.*,9, 2939-2977.
- Xie BT, Liu ZY, Tian L, Li FL, Chen XH 2015. Physiological response of *Clostridium ljungdahlii* DSM 13528 of ethanol production under different fermentation conditions. *Bioresource Technology*,177:302-307.

## Effect of Cryogenic Treatment on the structural evolution of the As-cast state of a HCrWCI

S. Osman Yilmaz<sup>1</sup>, \*Tanju Teker<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Namık Kemal University, Faculty of Engineering, Department of Machine Engineering, 59100, Çorlu-Tekirdağ, Turkey.

<sup>2</sup>Adiyaman University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, 02040, Adiyaman, Turkey.

\*Sorumlu yazar e-mail: tteker@adiyaman.edu.tr

### Abstract

The effect of cryogenic treatment on microstructure and hardness of HCrWCI alloy were investigated. The microstructures of the specimens were characterized by optical microscopy (OM) and microhardness test. X-ray diffraction (X-RD) was performed to determine chemical compositions of carbides and precipitations. After cryogenic treatment, hardness of all the specimens increased as thin secondary carbides precipitated in the rich retained austenite. The cryogenic process reduced the austenite content, but the retained austenite was not completely converted to secondary carbides. Cryogenic treatment improved hardness of HCrWCI alloy.

**Keywords:** HCrWCI, Cryogenic treatment, Hardness.

### 1. INTRODUCTION

High chromium white cast irons (HCrWCIs) are used in performs where high wear strength is demanded, such as the mining, grinding, cement manufacture. The main alloys are iron based alloys with Cr and C additives. They have hypo-to hypereutectic alloy and contain hard carbide phase in a hardening structure [1-4].  $M_{23}C_6$ ,  $M_7C_3$  and  $M_3C$  type carbides are existed in the micro structure depending on the chemical content of HCrWCI [5,6]. Eutectic carbide ( $M_7C_3$ ) has hexagonal crystalline structure and it's the hardness is between 1200–1800 HV [7-9].

HCrWCIs are austenitized in the heat of 800–1100 °C and quenched in air at room temperature. Final structure after heat treatment, the eutectic  $M_7C_3$  carbides and secondary carbides are dispersed in a matrix consisting of martensitic. By performing alloy elements and heat treatment, various the matrix structures have achieved [10-12].

Chung et al. found that the effects of the addition of Ti on microstructure and wear strength of hypereutectic HCrWCI [13]. Xiaojun et al. reported that the influences of Ti on the shape of primary  $M_7C_3$  carbides in hypereutectic HCrWCIs [14]. The strategy to increasing wear strength is the inoculation of alloying elements; especially adding carbide-forming elements to acquire tougher carbides or to improvement the hardness of the eutectic carbide. Va, W, Ti and Nb elements were inoculated to the WCI alloys at different levels. The goal of these additions is to improve hardness of the matrix by obtaining harder carbides, creating a change in the structure of the eutectic carbides [15,16].

In this study, microstructure and hardness of cryogenic treated HCrWCI specimen were investigated after being subjected to heat treatment.

### 2. MATERIALS AND METHODS

The chemical contents of the study materials were shown in Table 1. Specimens were manufactured as hypereutectic HCrWCI. 1-7 wt.-% Ni was inoculated to the specimens in the crucible. The heat treatment circumstances of the specimens were given in Table 2. The annealing was carried out at 900 °C for 1 h by homogenization heat treatment. For metallographic observation, the specimens were polished and etched with 2 wt.-%  $HNO_3$  + 98 wt.-% ethanol. The microstructures of the specimens are defined using LEICA optical microscope (OM). X-ray diffraction (X-RD) was used to describe carbides and precipitations determined in the microstructure. The microhardness of specimens was measured with QNESS Q10 tester at a 100 g load and 10 s dwell time.

**Table 1.** Chemical composition of HCrWCI alloy (wt.-%).

Chemical compositions (wt.-%)								
Cast alloy	Fe	C	Mn	Si	Ni	Mo	Cr	W
Amount	Bal.	2.0	0.5	1.6	7.3	3.2	13	1.2

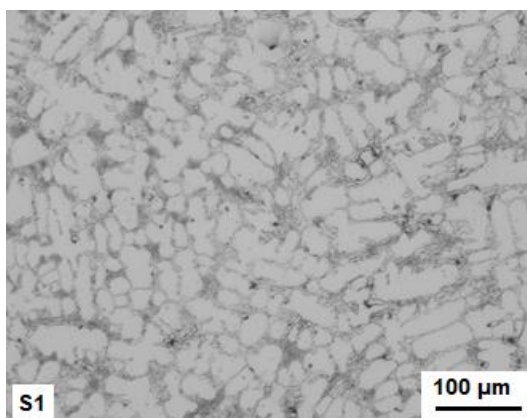
**Table 2.** The heat treatment circumstances of the test specimens.

No	Composition	Annealing	Cooling treatment
S1	HCrWCI	-	-
S2	HCrWCI	900 °C, 1 h	Air cooling
S3	HCrWCI	900 °C, 1 h	Water cooling
S4	HCrWCI	900 °C, 1 h	Oil cooling

### 3. EXPERIMENTAL RESULTS

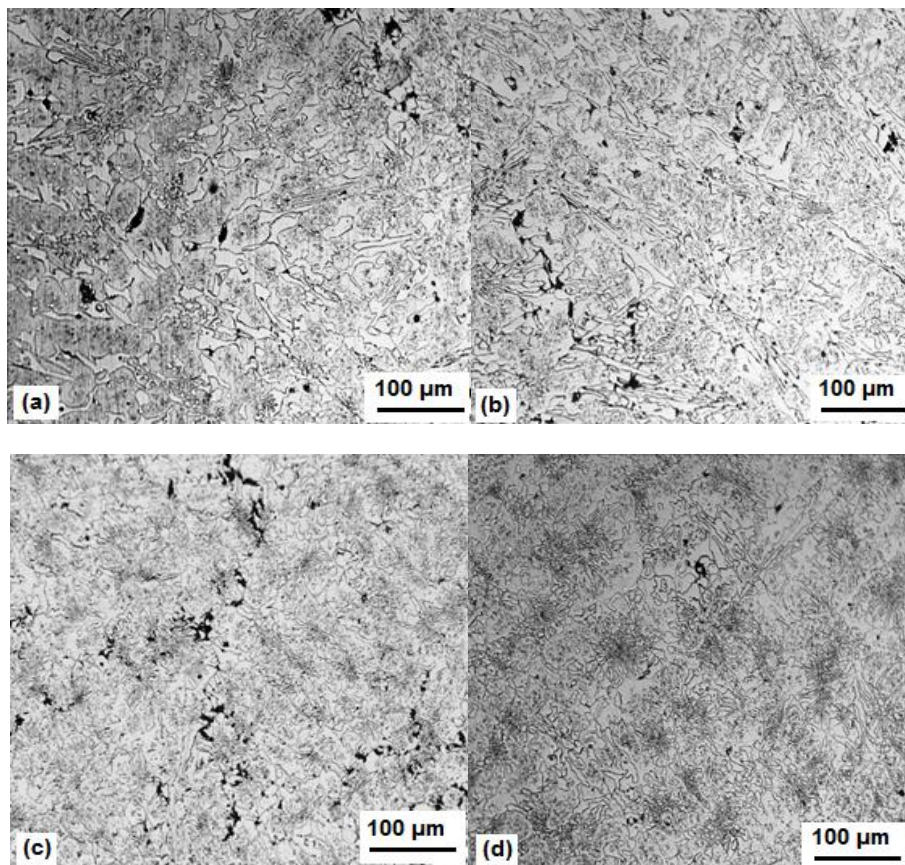
#### A. Microstructural investigations

Fig. 1 presented optic micrographs of matrix structures in “as-cast” specimen. The primary carbides, secondary carbides and retained austenite were the components of the as-cast matrix structures while retained austenite constituted the majority of the matrix phase. Depending on the type of heat treatment, the transformation rate of the matrix structures to the secondary carbide and retained austenite changed. In particular, the hardness of the alloys increased by reducing the cooling rate. Fig. 1 indicated that austenite transformation properties resulting from chromium and carbon depletion throughout the eutectic carbide formation were secondary carbide conversion [1-6].



**Fig. 1.** OM micrographs of as-cast.

In order to describe the influence of the cooling rate on the secondary carbide structure and size, the cooling medium was applied as air (Fig. 2a), water (Fig. 2b) and oil (Fig. 2c). It was seen that secondary carbide precipitates for heat treatment at 900 °C were seen only in CT application. This was the case where the austenite was more saturated when subjected to the cryo heat. This resulted in the lattice deterioration and the imbalance of the austenite thermodynamic increased, as both forced the segregation of carbon and alloying atoms. Thinner carbide precipitation was achieved with advanced activation energy, resulting a higher nucleation ratio and better size and a more homogenous distribution.



**Fig. 2.** Content of retained austenite after different heat-treated.  
a) 900 °C air-cooling, b) 900 °C water-cooling, c) 900 °C oil cooling.

The Ni addition over 6 wt.-% led to the  $M_7C_3$  phase destabilization. It was important to note that there was a hypoeutectic composition for the alloy contained within the austenitic field for the phase for 0.5% Ni [14]. 2 wt.-% Ni alloy was almost identical to eutectic while there was a hypereutectic composition of 4 and 5 wt.-% Ni alloys. Figs. 2.a-c showed the content of retained austenite alloy that was exposed to cryogenic processing (CT) after air-cooling (AC). The casting matrix of the alloy was unstable due to its super-saturation to the alloying elements. These elements were precipitated from the matrix in the form of secondary carbides when destabilization heat-treatment was performed. The temperature of  $M_s$  was increased by the carbon and matrix chromium content depletion. This resulted in most austenite to turn into martensite during cooling. Thus, there was remarkable lessening of retained austenite. In addition, the reduction of retained austenite was more remarkable after CT than the reduction-taking place after air-cooling. This was because of the tender and unsteady nature of retained austenite at lower temperature and its likelihood of transforming into fresh martensite. The CT did not have the ability of completely transforming retained austenite into carbide or martensite for HCrWCl, which emphasized the difficulty being experienced in the reduction of the austenite due to the presence of Ni over 6 wt.-%. The distribution of secondary carbides was more homogeneously in CT specimen compared to AC one. The X-RD results in Fig. 3 showed that austenite and  $Cr_7C_3$ ,  $Cr_3C_2$  formed in the microstructure of HCrWCl.

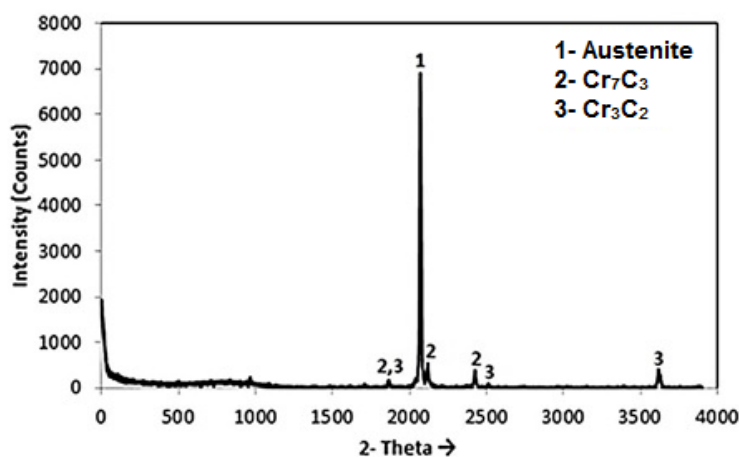


Fig. 3. The XRD pattern of as-cast GX200Cr13Ni6WMoMn.

### B. Hardness

The hardness profiles of HCrWCI alloy after different heat-treatment were given in Fig. 4. While the subcritical process temperature increased from 400 to 650, the hardness of the alloy increased until the heat reached 550 °C. The precipitation of the secondary carbides from the matrix also occurred in the heat treatment between 400 °C and 550 °C. This led to an increase in matrix strength with the distribution hardening effect. However, more transformation of austenite into martensite was prevented. The retained austenite was decomposed to ferrite and alloy carbides mixture structure. A reduction in hardness occurred because of the above two reasons when the heating temperature exceeded 550 °C. The hardness of the HCrWCI applied to CT was higher than held at AC. Such was linked to CT that can led to the decrease in the rate of retained austenite after the subcritical treatment and precipitate of fine secondary carbides which played an important role on the increase of the bulk hardness.

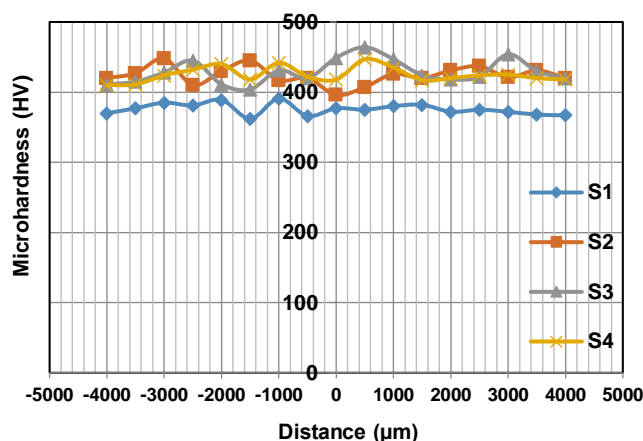


Fig. 4. Hardness profiles of HCrWCI alloy after different heat-treatment.

## IV. CONCLUSIONS

The effect of heat treatment on the microstructure and hardness of the HCrWCI alloy was examined. The results are as follows:

1. The microstructure of the HCrWCI alloy comprised of  $M_7C_3$  carbide and austenite phase.
2. The austenite ingredient was reduced after the cryogenic heat treatment.
3. Transition from the retained austenite to martensite was not entirely possible.
4. The cooling rate affected the secondary carbide rate and size.
5. Cryogenic treatment improved hardness of HCrWCI alloy.

## REFERENCES

- Arivazhagan N, Singh S, Prakash S, Reddy GM 2011. Investigation on AISI 304 austenitic stainless steel to AISI 4140 low alloy steel dissimilar joints by gas tungsten arc, electron beam and friction welding. *Materials Design*, 32: 3036–3050.
- S.H. Mousavi Anijdan, A. Bahrami, N. Varahram and P. Davami, “Effects of tungsten on erosion–corrosion behavior of high chromium white cast iron”, *Mater. Sci. Eng. A.*, vol. 454, pp. 623–628, 2007.
- S.M. Tomovic-Petrovic, S.V. Markovic, S. Zec, The effect of boron on the amount and type of carbides in chromium white irons, *J. Serbian Chem. Soc.*, vol. 67, pp. 697–707, 2002.
- A. Bedolla-Jacuinde, L. Arias, B. Hernandez, “Kinetics of secondary carbides precipitation in a high-chromium white iron”, *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 12, pp. 371–382, 2003.
- R.J. Chung, X. Tang, D.Y. Li, B. Hinckley, K. Dolman, “Microstructure refinement of hypereutectic high Cr cast irons using hard carbide-forming elements for improved wear resistance, *Wear.*, vol. 301 pp. 695–706, 2013.
- A.E. Karantzalis, A. Lekatou, H. Mavros, “Microstructural modifications of as-cast high chromium white iron by heat treatment”, *J. Mater. Eng. Perform.*, vol. 18, pp. 174–181, 2009.
- C. Xiang, L. Yanxiang, “Effect of heat treatment on microstructure and mechanical properties of high boron white cast iron”, *Mater. Sci. Eng. A.*, vol. 528, pp. 770–775, 2010.
- Y.P. Wang, D.Y. Li, L. Parent, H. Tian, “Improving the wear resistance of white cast iron using a new concept high-entropy microstructure, *Wear.*, vol. 273, pp. 1623–1628, 2011.
- P. La, F. Wei, S. Hu, C. Li, Y. Wei, “White cast iron with a nano-eutectic microstructure and high tensile strength and considerable ductility prepared by an alumino thermic reaction casting”, *Mater. Sci. Eng. A.*, vol. 561, pp. 317–320, 2013.
- H. Liu, J. Wang, H. Yang, B. Shen, “Effects of cryogenic treatment on microstructure and abrasion resistance of CrMnB high-chromium cast iron subjected to sub-critical treatment”, *Mater. Sci. Eng. A.*, vol. 478, pp. 324–328, 2008.
- J. Wang, C. Li, H. Liu, H. Yang, B. Shen, S. Gao, S. Huang, “The precipitation and transformation of secondary carbides in a high chromium cast iron”, *Mater. Charac.*, vol. 56, pp. 73–78, 2006.
- J. Wang, R.L. Zuo, Z.P. Sun, C. Li, H.H. Liu, H.S. Yang, B.L. Shen, S.J. Huang, “Influence of secondary carbides precipitation and transformation on hardening behavior of a 15 Cr–1Mo–1.5 V white iron”, *Mater. Charac.*, vol. 55, pp. 234–240, 2005.
- R.J. Chung, X. Tang, D.Y. Li, B. Hinckley, K. Dolman, “Effects of titanium addition on microstructure and wear resistance of hypereutectic high chromium cast iron Fe–25 wt%Cr–4wt%C”, *Wear.*, vol. 267, pp. 356–361, 2009.
- W. Xiaojun, X. Jiandong, F. Hanguang, Z. Xiaohui, “Effect of titanium on the morphology of primary  $M_7C_3$  carbides in hypereutectic high chromium white iron”, *Mater. Sci. Eng. A.*, vol. 457, pp. 180–185, 2007.
- P. Dupin, J.M. Schissler, “Influence of additions of silicon, molybdenum, vanadium, and tungsten upon the structural evolution of the As-cast state of a high chromium cast iron (20%Cr, 2.6%C)”, *AFS Trans.*, vol. 92, pp. 355–360, 1984.
- C. Scandian, C. Boher, J.D.B. de Mello, F. Rézaï-Aria, “Effect of molybdenum and chromium contents in sliding wear of high-chromium white cast iron: the relationship between microstructure and wear”, *Wear.*, vol. 267, pp. 401–408, 2009.

## Place of plant production activity in the socio-economic structure of Çatma Village

Muaffak Sarioğlu<sup>1\*</sup>(ORCID ID: 0000-0001-8803-7139), Ebru Irmak<sup>2</sup> (ORCID ID:0000-0002-3378-0723)

<sup>1</sup> Giresun University, Technical Sciences Vocational School, Giresun, Turkey

<sup>2</sup> Lalapaşa Agriculture and Forestry District Directorate, Edirne, Turkey

\*Corresponding author e-mail: muaffak.sarioglu@giresun.edu.tr

### Abstract

Analyzing a part of the whole in detail can make the subject more understandable in the field of rural sociology. Although country policies concern the whole country; occasional inspection of a region or a smaller area is important for situation analysis.

Çatma Village is one of the small villages in Edirne Province's Lalapaşa District. The fact that it is small has allowed the producers to be examined in more detail and the village has been handled sociologically with the historical structuralist approach model.

The descriptive purpose of this study is to examine Çatma Village producers and their land assets in detail between 2010 and 2019. Between these years, why producers give up production is discussed with sociological explanatory research. The number of producers in the village has decreased over the years; The issues that may respond to the causes of this decrease have been addressed and classified. The finding of the remaining producers that the desired increase in land assets could not be achieved was obtained by observation, structured interview and survey method. The discovery purpose of the study is to bring Çatma Village to the literature.

**Keywords:** Land existence, producer, rural sociology, village, old age

### INTRODUCTION

In the early years when the republic was founded, much attention was paid to the fields of village sociology and rural sociology, since the majority of the population formed the countryside and the economy was based on agriculture. In the following periods, the phenomenon of migration from the village to the city increased due to political, and economic reasons. In this case, the research intensified to examine the researches that mostly included various economic classes such as urban sociology, migration, squatting and stratification. It is seen that the literature studies on village sociology for the last 10 years consisted of regional and even national studies. In this context, considering the village as a research area, it can be said that village investigations are given little place and village studies are ignored.

In the research, the fact that individuals do not want to live in the village with the increase of their educational status, the lower generation does not regret that they are staying in the village (the wrong decision making situation) and the upper generation does not want to live in the village, the increase in the use of technology in agriculture has reduced the dependence on human labor. This situation allows the construction of farm mechanization in agriculture with relatively developed regions, such as Turkey's Thrace, and began to be perceived as a bother on the second livelihoods through agricultural activities. Does the government policy's efforts to reduce the rural population also apply to the population of Çatma Village? Hypotheses such as these, were investigated with this study.

It is necessary to examine the villages in which four seasons are livable throughout the year, which contain agricultural lands with very different characteristics, and that have seeds and plant patterns, each of which is a heritage with its culture. Because each region, provinces and villages in these regions show different characteristics.

The purpose of this study, based on the deductive method, is to generalize the subject and to analyze the socio-economic structure of Çatma Village. The fact that this study is up to date in its field suggests that it will shed light on the analysis of other villages of the Thrace Region over time, because “the main thing in scientific knowledge is generalizability. In other words, the more scientific information can be generalized to a large group, the more the value of that information increases. (Suğur, 2010).

### MATERIALS AND METHODS

According to the Farmer Registration System (ÇKS), in 2010, 29 households were engaged in agricultural production activities in Çatma village of Lalapaşa district (Anonymous, 2019). 16 households engaged in

agricultural production to produce only plant production. The main materials of the study were 16 producers in Edirne Province Lalapaşa District Çatma Village, which was selected as a research area, in 2019. In addition, information was collected through the semi-structured interview method along with verbal interviews with the producers living in Çatma Village, the village leaders and headman.

It is possible to talk about 3 groups of approaches focused on issues related to rural change and development.

1-System approaches: Focuses on the relationship between environmental, demographic and technological factors and the system.

2- Decision making approaches: It focuses on the distribution of resources and farmers' reactions to innovations and the market.

3-Historical-structuralist approaches: It focuses on the study of human relationships with the natural environment and production. This approach also includes relationships between the whole and the piece.

Studying these relationships allows for a more broad observation of the interaction between the whole and the part. The relationship between the rural-state-the globalizing world can be exemplified by the relationship between the piece-whole. In general, the individual is also in the examinations, but the social character of the individual is emphasized (Öztürk, 2009).

The historical-structuralist approach takes over the subject, starting with the production work itself. In this context, the change in Çatma Village has been handled over the total census sample size and the change in the land assets of the village over the years, taking into account plant production activities.

Semi-structured observation method; The part of the interview, which was planned in advance, consists of questions that allow the response of the respondents. Questions enabling responses consist of open-ended questions. It is unpredictable what kind of reactions will result from open-ended questions (Anonymous, 2020.a).

All procedures performed in the study involving participants were in accordance with the ethical standards of the institutional and/or national research committee and with the 1964 Helsinki Declaration and its later amendments or comparable ethical standards.

## **FINDINGS**

Çatma Village is a village connected to Lalapaşa District of Edirne Province. There is no information about where the village's name came from and its past. It is 25 km from Edirne Province and 10 km from Lalapaşa District. The climate of the village and the Thracian continental climate are within the influence area. The economy of the village is based on agriculture. There is a primary school in the village, but students in the village receive education in other villages, using mobile education. The village has drinking water and a sewerage network. There is no PTT branch and PTT agency in the village. There are no health centers and health posts. The road providing access to the village is asphalt and there is fixed electricity and GSM telephone network in the village (Anonymous, 2020.b).

Çatma village is a scattered village type property. The village was established on the ridge by location. It is located in the non-forest area according to its relationship with the forest. In the official records, no information about the history of the village has been found.

The structures in the village residences and agricultural enterprises consist of stone buildings. The buildings built in the village after 2000 are reinforced concrete. There are bathrooms, toilets, sewers and septic tanks, kitchens and windows in every house in terms of health facilities in the residences.

The economic structure of the village is based on agriculture, and plant and animal production is carried out in the village. As crop production, products such as barley, wheat, sunflower and canola are grown. As animal production; cattle breeding, ovine breeding and poultry breeding are carried out.

### **I. Population and Educational Status**

Today, according to the development levels of the countries, there are also changes in the share of the rural population. While the share of rural population is decreasing in developed countries, the share of rural population in developing and underdeveloped countries is remarkable. Knowing the characteristics of individuals who make up a society is useful and important in understanding and organizing the society and



human behavior (Anonymous, 2020.c). Agricultural activities are the leading economic activities in rural areas. Human labor is required to carry out agricultural activities. The reason for this required workforce is that this activity is carried out with human labor instead of machinery, especially in developing countries. In Çatma village, it is important to know the number of the population and its distribution by age groups for the relationship between agricultural activity and rural population. The population between the ages of 15-64 is called working age population. According to the records of 2020, 42 people live in the village (Anonymous, 2020.d).

**Table 1.** Change of Village Population Between 1985-2020

	YEARS			
	1985	1990	2000	2020
Population	113	115	99	42
Index	100,00	101,76	87,61	37,16

Source: Anonymous 2020.d

It is seen in Table-1 that the population of Çatma Village has decreased over the years. While 113 people lived in Çatma Village in 1985, this number decreased to 99 people in 2000 and to 42 people in 2020.

The main reason for the rapid population decline in 2020 is the implementation of the bussed education system. Although the village is close to the district center; The fact that the district center is also partially close to Edirne City Center forced farmers to move to Edirne Center. The main reasons for immigration to Edirne Center are the belief that children will get a much better education in the city center. Their children want to be educated in the city and there is a lack of a school in the village and a lack of social, cultural and sports facilities in the village.

Moving Primary Education application was initiated and expanded in order to bring the students, who practice combined classes in low-populated and scattered settlements, to detached primary education institutions in order to increase the quality of education and provide equal opportunities. Namely this practice, which was carried out with 24.754 students in 29 provinces, 1.394 villages, neighborhoods and hamlets in the 1991-1994 academic year, was expanded in 57 provinces in the 1993-1994 academic year. In these provinces, a total of 4,346 village primary schools and 83,749 students with few students continuing their education by moving daily to 1,654 centers (Şahin and Özteke, 2003).

When we evaluate the decrease of village population in terms of village youth, we see that the attractive features and attractiveness of the city come to the forefront, as young people want to continue their education outside the village, do not want to live a village life, want to work by finding jobs in cities, and want to live a comfortable life.

Young people know that if they stay in the village, decisions about agricultural activities are made by their family elders and their rights, such as decision making and having a say in agricultural activities, will be limited. Sharing the income obtained at the end of agricultural production within the family also leads to a decrease in per capita income. Instead of sharing the limited agricultural income within the family, working in an insured job in the cities and being free to make decisions about their own life makes living in the city attractive.

The middle and older age group prefer to live in Edirne due to the absence of a health center in Çatma village, the closest hospital in Lalapaşa Center and the proximity of Edirne to the district. They believe that the hospitals in the middle and old age group Edirne are better than the hospitals in the district.

They also help middle and older age children in living things in Edirne, such as caring for their grandchildren, taking them to school and picking them up. In Edirne Province, there is a tradition that grandparents should take care of grandchildren. This tradition is also valid for Çatma Village. The presence of a natural gas system in the houses in Edirne also has a positive effect on facilitating living conditions such as heating and cooking.

Swingewood (1998), as reported by Ferguson, emphasized that industry-based development, while accepting a source of progress for man, also causes alienation.

Although voluntary work (imece) is done in agricultural production starting from the first pages of history; with the widespread use of machinery, imece procedure in Çatma Village in agricultural production has completely disappeared. The need for human labor has decreased in Çatma Village, where tractors are used extensively. This situation reduced the interdependence even in the same household in the village. Despite the advancing age, it has become possible to manufacture with the use of machinery. This situation made it possible for the young population, who did not want to live in the village, to come to the village for a short period of time for herbal production, such as sowing, fertilizing, spraying, harvesting, which were described only as work time.

Another reason for the decrease in the population is the aging of the village population and the higher mortality rate than the birth rate.

A man who lived in the city returned back to his village after retirement. This person started agricultural activities in his land. As of 2019, there are 16 families living in the village and engaged in vegetative production. As the subject of the study is plant production activity, research has been completed with 16 families.

The importance of education in village conditions is undeniable. It has been observed that trained people adopt and apply new agricultural technologies more quickly. Since the main economic activity in the village is agriculture, the agricultural activity spreads throughout the year and the use of family labor is preferred. The inclusion of family workforce in crop production activity does not leave much time for the education of family members of education age. Since there are no further educational institutions other than primary school in the village, young people in the village either cannot continue their education or have to continue their education outside the village. The education level of the village youth remained at the level of primary school, as the out-of-village education was not desired due to the fact that family elders could not meet the labor shortage. The education levels of the heads of the families who live in the village and produce plants are given in Table-2. When the education levels of family heads are examined, it is seen that all of them have graduated from an educational institution.

The reason for the high number of primary school graduates is the absence of an educational institution other than primary school in the village. In addition, families do not want to send their children to school because of the intense agricultural activities during their education. It can be said that lack of awareness about the importance of education in families also has a negative effect on the abandonment of children's education.

**Table 2.** Distribution of Family Heads in Plant Production According to Their Education Levels

Education Level	Number	Rate (%)
Primary School	15	93,70
Bachelor	1	6,30
TOTAL	16	100,00

The high number of primary school graduates (93.70%) among the heads of the family engaged in plant production attracts attention. This situation can be explained by the fact that the family workforce required for vegetative production activities to meet the essential needs such as flour and bread required by the families from the boys who have completed the primary education that is compulsory.

A person who is considered as bachelor in Table-2 is the person who does not reside in the village and buys land in the village to carry out agricultural activities. This person makes plant production for beekeeping activity in the land he buys.

The distribution of 16 family heads, who are engaged in plant production activities in the village, by age groups, can be seen in Table-3. There are 14 family heads at the working age (15-64 age group) and their ratio to total family heads is 87.50%. Two of the heads of the family are over 65 years old and those who are included in this group sell surpluses other than family needs in the market even though they do not produce for the market.

**Table 3.** Distribution of Family Heads in Plant Production by Age Groups

Age range	Number	Rate (%)
15-64	14	87,50
65 >	2	12.50
TOTAL	16	100,00

All of the family heads living in the village have social security and 11 of them are retired. It is seen that all of the retirees are still actively engaged in agricultural production according to the CKS records. The reason for this situation can be explained with the desire to use the agricultural supports applied, to ask the family members to consult them in the transactions necessary to receive the supports and to continue to take an active role in monetary transactions.

The income obtained from the cultivated land does not leave enough profit after the expenditures made to grow that product. Agricultural price policies implemented in recent years have led producers to move away from agricultural activity. For this reason, the young population in the village chosen as a research area is considering leaving the village with various excuses. The fact that the young population moves away from the village and the population living in the villages consists of the elderly leads to a cut in agricultural production and creates a problem for food security. Therefore, considering the high average age of those currently engaged in agricultural activities in the village, it can be said that the number of people who will be engaged in agricultural activities will decrease in the following years.

## II.Social Structure of the Village

Although there is no sharp grouping observed in the village, there are bilateral frustrations and rivalries among individuals due to political thoughts. The main reason for this situation is that, since the village is small, the headman guesses which house voted for him after the election of the headman. Facilitating the work of the households who voted for the headman, and the fact that those who did not vote had difficulties in their jobs, may cause rivalries among the long-term families in the village. This situation seriously adversely affects the social life after the election.

According to Hamilton (1996), there is a functional balance between power and consent. He therefore argued that property and power were in a close relationship.

According to Foster (1965), rural change can be measured by the position of individuals and their ownership of these products. In other words, structure and culture in agricultural communities depend on the changes that occur in material conditions.

In villages, power is based on economic factors such as land assets, animal assets, and political phenomena such as headman elections. For this reason, the peasant headman evaluates these criteria in the elections and makes his choice. There is a perception believed to be more beneficial to the village of muhtar candidates who are close to the government. This way of thinking causes the village to be politically divided into two, with the fear that opposing villagers will not serve the village.

Rousseau has analyzed the relationship of property to division of labor, inequality and social conflict. He considered society as an organic whole, in which individual interests are assimilated in a common and general will. He stated that the individual is a product of society, not of nature, and hence the behaviors of people are of social origin. According to Rousseau, man is in search of a community to define himself (Szacki 1979, Swingewood 1998).

On the other hand, activities such as roads and infrastructure works to be carried out in the village are carried out by the association of providing services to the villages through the district governorship channel. It is accepted by the producers that the political thought has a positive effect on the services provided to the villages. In this case, it causes the producer to pay much attention to the political view of the headman who is planned to be elected. The producer supports the election of the headman who is close to the government and the improvement activities in the village.

The leader of the village carries out the duty of headman. The organized structure in the village is the village development cooperative. Çatma Village Agricultural Development Cooperative has been operating with 11 partners since 2014. The cooperative works mostly on collecting milk produced in the region.

When the family structure of the people living in the village is examined, the existence of the nuclear family structure attracts attention. Nuclear family; family consisting of mothers, fathers and unmarried children (Anonymous, 2020.e). According to Gökçe (1990), the nuclear family is seen as the family type of modern societies.

Family structure in Turkey, as the years is the tendency towards nuclear family in the traditional extended family. In studies conducted on the subject conducted at different times, it is observed that the nuclear family type is increasing in both cities and rural settlements (Taylan, 2009).

In the literature, family forms are divided into 4 groups according to their settlements. These are the city family, village family, slum family and town family. Village family; the social structure of the village is in a more static state in terms of relations. In terms of informal relations network, it is stronger in terms of social control and solidarity, and in terms of family, it has a more homogeneous structure due to its social control power (Taylan, 2009).

When we look at the role of women in the family, it is seen that women in the village are engaged in household chores such as child care and cooking. Apart from compulsory cases, the man of the house deals with animal care. Women have a say in economic affairs in the family, and decisions are taken democratically.

A mosque whose construction date is unknown in the village has been restored and is still used. There is an imam appointed by the state in the village mosque. There are no public officials except imam residing in the village.

In recent years, much attention has been paid to the education of young people in the village, young people are encouraged to receive university education and support is provided in this regard. Young people, who leave the village to get an education, start their business life in the cities and move away from the village.

In the name of modernization, the use of technology is common in the village and every household has agricultural equipment compatible with its tractors. Crop production activities are carried out using tractors and equipment. The tractor is used extensively in plowing, sowing, planting, maintenance and harvesting work. In the village, barley, wheat, sunflower and canola cultivation, which has recently become widespread, are grown. Products grown in the village are sold to Edirne Commodity Exchange for post-harvest marketing purposes. In some cases, the products grown in the village are sold to traders in Edirne and districts.

### III Economic Structure of the Village

Soil, which is one of the basic inputs of the agricultural sector, is undoubtedly an indispensable natural resource for the survival of human beings and for the development and welfare of countries (Boztoprak et al. 2015).

Soil refers to the earth, which is under the influence of climate, topography, main material, hydrology and living things at different rates. Farmland; soil, topography and other ecological features are lands that are suitable for the production of vegetative, animal and aquatic products and can be used for this purpose or converted into agricultural production (Anonymous, 2018)

According to Saint Simon, society is in a constant movement and transformation. He stated that the main task of sociology is to examine the society in motion and transformation and to be examined with the scientific techniques used in natural sciences. The social order is determined by the economic structure of that society. In this context, the economic structure of Çatma Village consists of plant production and animal production activities. In our study, it was the subject of detailed investigation (Aktaş 2017).

As reported by Taylan (2009), the village family has sides that show both core and traditional extended family characteristics. Traditional extended family patterns are observed in terms of family relationships and functions.

In the traditional family, authority, power and decision making mechanism are gathered in men, and equal participation of men and women is expected in all family decisions equally in the nuclear family (Çelebi, 1993).

When the process of deciding on plant production in Çatma Village was examined; it was seen that the entire production decision was made by the head of the family.

The land assets of 16 producers engaged in plant production activities registered in Çatma Village are shown in Table-4.

According to Marx, social relations have two sides: material and ideological. These two qualities form an inseparable union. However, the weight is given to the material or production relationship (Aktaş, 2017). The relation of production and the socio-economic change it has created in Çatma Village have been examined in this context.

According to the Agricultural Census, there was a general decrease in the average enterprise scale from the 1950s to the 2000s. As a matter of fact, the average operating scale, which was 77 decares in 1950, declined to 61 decares by 2001. As of 2011, the size of the land has been 68 decares (Anonymous, 2018). For agricultural enterprises operating in the provinces of Edirne, Tekirdağ and Kırklareli, the land size has been calculated as an average of 117.49 decares (Aydın, 2014).

**Table 4.** Average land assets of those engaged in crop production in the village (da.)

No	Name-Surname	Land Size (da.)
1	A.T	237
2	B.D	48
3	C.K	118
4	C.K	37
5	C.K	617
6	E.K	58
7	H.Ö	157
8	H.P	82
9	M.Ş	118
10	O.G	50
11	R.K	59
12	R.P	299
13	S.B	291
14	S.E	119
15	Ş.E	84
16	Y.Ö	179
	AVERAGE	159,59

Source: Lalapaşa Agriculture and Forestry District Directorate Farmer Registration System (2019)

For the producers producing in dry conditions in Lalapaşa, the economic enterprise size has been determined as 135 decares (Anonymous, 2014). In this context; It is seen that the operating size of 6 producers is over 135 decares. There are 5 producers with agricultural land between 134-60 decares; The operating size of 5 manufacturers is under 60 decares. The fact that agricultural enterprise sizes are below the economic criteria has a negative effect on agricultural income. Producers who want to get rid of these negativities either do additional work or give up agricultural production.

**Table 5.** Animal Species of Plant Producers

Animal Breed	Number	Rate (%)
Cow	10	76,90
Cow+Sheep	3	23,10
TOTAL	13	100,00

13 of the 16 producers (81.25%) engaged in plant production activities in Çatma Village, are also engaged in animal husbandry activities for family needs. Animal production is a branch of agricultural activity in the rural area. Animal husbandry is a useful activity in terms of meeting the urgent cash needs that arise as well as meeting the protein needs of families, such as milk and meat. Families go to income diversification by evaluating their spare time other than vegetative production with livestock activities. The evaluation of the items such as straw and stem that appear as a result of the plant production activity of the animals makes the animal husbandry activity attractive in the rural area. Fertilizers obtained from animals are used as fertilizers in vegetable gardens and established for family needs.

**Table 6.** Changes in the Number of Enterprises Producing Plant Production in Çatma Village by Years

Years	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Number of producer	29	23	28	28	20	21	20	19	18	16
Index	100.00	79,30	96,50	96,50	68,90	72,40	68,90	65,50	62,10	55,20

Source: Lalapaşa Agriculture and Forestry District Directorate Farmer Registration System

The change in the number of producers in plant production between 2010-2019 is given in Table-6. The number of producers engaged in plant production, which was 29 in 2010, declined over the years and decreased to 16 producers in 2019.

In the period from 2010 to 2019, 13 producers are seen to have completely abandoned plant production activities. Considering the number of people engaged in agricultural activities over the years, it is seen that the number has decreased and the amount of cultivated agricultural land per person has increased on a decare basis. When we look at the amount of agricultural land used in vegetative production of Çatma village, the total area of 2,916 decares in 2010 decreased to 2,553 decares in 2019 (Chart-7). The reason for this decrease in the amount of agricultural land is the sale or lease of lands to producers in other villages as a result of withdrawal of those engaged in crop production from these activities.

Kurtkan; However, in a letter that is valid for the years between 1960-1992, agriculture is a branch of activity that does not allow leakage of other professions. With this character, it is the branch of profession that most closely resembles a muscle. Farming comes from generation to generation. In other words, farmers are the people whose fathers have farmed as well. "Although the cadres of the current branches of activity in the city are usually filled by individuals born in the village, entry into the farming profession is more difficult than exit."

**Table 7.** Change of Land Size Used in Plant Production in Çatma Village (2010-2019)

No	Name-Surname	Land Size (da.) 2010	Land Size (da.) 2019	Increase (da)	+ %	Decrease (da)	- %
1	A.T.	247	237	-	-	10	4,1
2	A.O.T	25	0	-	-	25	100
3	A:K.	40	0	-	-	40	100
4	B.K.	81	0	-	-	81	100
5	B.D	0	48	48	100	-	-
6	Cel. A	118	118	-	-	-	-
7	Cli.K	68	37	-	-	31	45,6
8	Cml.K	293	617	324	110,6	-	-
9	E.U	10	0	-	-	10	100
10	E.K	58	58	-	-	-	-
11	Ey.K	35	0	-	-	35	100
12	Frd.K	31	0	-	-	31	100
13	Grc.K	21	0	-	-	21	100
14	H: Ö	175	157	-	-	20	10,3
15	H. P	65	82	17	26,2	-	-
16	M.Ş	154	118	-	-	36	23,3
17	O. G	0	50	50	100	-	-
18	Ö. Tnk. Tar.Ltd	112	0	-	-	112	100
19	Rsm.K	246	0	-	-	246	100
20	Rmz. K	77	59	-	-	18	23,4
21	Rmz. P	299	299	-	-	-	-
22	R. E	88	0	-	-	88	100
23	Rky. K	36	0	-	-	36	100
24	Sdlh.B.	271	291	20	7,4	-	-
25	Sfy.Ö	62	0	-	-	62	100
26	S.Y	22	0	-	-	22	100
27	Şlm. E	83	119	36	43,4	-	-
28	Ş. E.	83	84	1	1,2	-	-
29	Y. Öz	116	179	63	54,3	-	-
	TOTAL	2.916	2.553				
	AVERAGE	88,81	153	69,9		51,3	

Source: Lalapaşa Agriculture and Forestry District Directorate Farmer Registration System (2010-2019)

Village lands were cultivated by a company in Çatma Village during the production period covering 2010-2013. However, the company, which did not know agriculture at all and started agricultural production only for profit, was withdrawn from production in a short time. On the other hand, he removed the land from his hand in a short time.

The reason for this can be explained in three ways. Firstly, making agricultural production with the logic of the company is based on the logic of seeing the soil only as a commodity. This is open to the exploitation of

the soil. Secondly, agriculture is an applied science, and with the idea that Kurtkan also stated and preserves its current status, entrance to farming profession is more difficult than exit. Third, incorporation in agriculture always carries risks. It should not be forgotten that the capitalist system experiences crises due to its nature, and the countries that have been least affected by these crises have always been agricultural countries with small family business.

Kurtkan (2011) made three different conclusions when examining the producers in sociological terms in the United States. These implications are; sociological implications, economic implications, and political implications. With this logic, 3 inferences can be made in Çatma Village. It is seen that the reasons of quitting agricultural production in the village according to economic results (61.55%) are more effective than sociological results (38.45%) (Table-8). Although the political results are not open to full evaluation with qualitative data, it is very effective in the Çatma Village for producers to give up agricultural production. Because factors such as the absence of a school in the village and the attraction of the city are directly related to political decisions.

In 2010, 29 producers have plant production records in ÇKS. It is seen that the producers engaged in plant production in the following years decreased over time.

**Table 8.** The Reason of the Quitting Agricultural Production Activities in Çatma Village

Results	Reason of quitting agricultural activities	Number	Index (%)	
Sociological Results	Aging and transfer to someone from the family	1	7,69	38,45
	Migration	1	7,69	
	Death	3	23,07	
Economical Results	Transfer to someone in the family due to debt	1	7,69	61,55
	Quitting farming by selling land	3	23,07	
	Leaving farming by renting his land	4	30,79	
TOTAL		13	100,00	

According to Öztürk (2009); The decision-making approach generally focuses on the distribution of resources in the agricultural area and the farmers' reactions to innovations and the market. The basic assumption that is accepted in the studies based on this approach is the decision making approach of individuals according to the changing conditions in their own values and behaviors. According to the decision-making approach, among the reasons why the producers quit crop production activities, is in the first place he does not want to deal with a verb agriculture by renting his land. Those producers who see their fields as income from year to year are mostly inherited. Another reason is his belief that his land should not be sold. Nevertheless, the reasons such as believing that it does not bring profit, old age, continuous demand of agriculture, excessive risk and uncertainty have removed the producer from farming.

“It is called the land on which a native nation lives. For the Turkish Nation, the homeland is not a piece of land that it feeds on, but a sacred heritage inherited from their ancestors, a sacred being preserved at the expense of the martyr's blood, a treasure that preserves its historical richness under and above the soil in its culture. In this respect, the homeland is an understanding considered sacred in Turks” (Anonymous, 2020.f). As clearly stated here, the land is sacred for Turks. It should not be seen as an agricultural effort to produce vegetative production and income only. If we consider the issue in this context, the sale of the land will be a serious departure from spiritual values. Land sale should not be perceived as the only method to cover serious losses arising from economic activities.

There is an increase of 5 in the number of producers between 2011 and 2012. The reason for the increase in the number of producers for 5 people is that these individuals create farmer registration through inheritance.



However, in the following years, these people gave up agricultural production activities. The increase in the number of producers in 2014-2015 is 1 person, because this person from outside the village bought investment land. In the following years, this person rented his land and withdrew from plant production.

Adding small farmers to national and international markets through the commodification of production is one of the main emphases. The commodification of production, especially in rural transformation, can be observed in many places, and it seems that national governments have played an important role in the commercial and financial liberalization movements, which were accelerated thanks to technological developments in this period, at least in the commercial and financial liberalization movements. It is a known fact that the nation-state understanding has started to change and that the states, especially the neighboring countries, have started to implement a “global market economy” by pulling their hands from the economy (Öztürk, 2009).

It is observed that there were 8 producers that increased their land assets between 2010-2019. Among these producers, 1 person who has no land in the village is 48 da. has started agricultural activities by purchasing land. However, in the same period, 13 producers sold their land to another and left the agricultural activity and immigrated from the village. A total of 18 people from the village producers decreased in the amount of land. According to the global market economy logic, it can be said that the producers have succumbed to the capitalist system in Çatma Village.

## **RESULTS and DISCUSSION**

Agricultural policies implemented pursuant to European Union harmonization laws are aimed at making the lands composed of large enterprises and reducing the number of agricultural producers to 5% of the total population. The effects of this policy can also be seen in Çatma village, which is selected as the study area.

Families in Çatma village are in nuclear family structure. Young people in the village do not want to stay in the village and engage in agricultural activities, they tend to go out of the village and receive education. The reasons being; university graduates do not want to deal with agricultural activities, girls do not want to marry peasant boys, there are no other schools in the village other than primary school, there are no health services, and they are not willing to transfer the management of the family heads to the youth, especially the young population. These emerging negativities, in addition to agricultural policies that do not satisfy producers, is the result of insufficient or absence of governments' practices such as education and health services for rural areas. Their beliefs that the traditional hierarchical pressure that the village youth had to see and experience from their families, always made them feel they could not change easily, which causes them to have a negative view of the village life and the agricultural sector as a source of income.

Mandatory retirement age in Turkey is 65 years old. However, mechanization and the producers in the Thrace Region are specialized because they have been sowing wheat and sunflower for years. In this case, it plays a facilitating role for producers over 65 years of age in agricultural production. If the subject is considered in this context, it is thought that the active working age in agriculture has shifted beyond 65 years of age. The reasons why people aged 65 and older are engaged in agricultural activities are also a matter to be investigated.

As is known, agriculture is an applied science. Climate, geography and natural conditions have a great influence on agricultural activity. This situation necessitates specialization and experience to engage in agricultural activities. It is evident that there will be very serious problems, especially the aging of the people who are engaged in agricultural activities, the withdrawal of agricultural activity, the young population's not wanting to deal with agriculture, and the fact that agricultural memory cannot be transferred between generations in the coming years.

## **CONCLUSION**

Agricultural activity is first and foremost for human nutrition. Although the results of the research show that the number of agricultural producers decreases and the agricultural lands that people process partially increase on a yearly basis, in order to prevent the villages from evacuating in terms of food security, it is recommended to take various measures to encourage living in the village.

Cooperation between agricultural organizations should be established to create agricultural policies to support small family businesses and keep producers in villages.

## REFERENCES

- Anonim, 2019. Lalapaşa Tarım ve Orman İlçe Müdürlüğü Çiftçi Kayıt Sistemi.
- Anonim, 2020.a., Sosyolojinin Tarihçesi ve Kuramsal Yaklaşımlar. [https://books.google.com.tr/books/about/Toplumbilimin\\_ABC\\_si.html?id=iGpbDwAAQBAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.tr/books/about/Toplumbilimin_ABC_si.html?id=iGpbDwAAQBAJ&redir_esc=y) (Erişim tarihi: 02.03.2020).
- Anonim, 2020.b., Lalapaşa Çatma Köyü. <https://www.koylerim.com/lalapasa-catma-koyu-301611h.htm> (Erişim tarihi: 27.02.2020)
- Anonim, 2020.c., Nüfus Nedir?. <https://www.sabah.com.tr/egitim/2017/02/06/nufus-nedir> (Erişim tarihi: 02.03.2020)
- Anonim, 2020.d., Edirne Lalapaşa nüfusu. Türkiye Nüfusu İl ilçe Mahalle Köy Nüfusları <https://www.nufusune.com/lalapasa-ilce-nufusu-edirne> (Erişim tarihi: 02.03.2020).
- Anonim, 2020.e., Çekirdek Aile Nedir? Geniş Aile Nedir? <https://www.fikir.gen.tr/cekirdek-aile-nedir-genis-aile-nedir/> (Erişim tarihi: 09.04.2020)
- Foster, G.M., 1965. "Peasant Society and the Image of Limited Good". *American Anthropologist*. 67, 2, pp. 293-315.
- Gökçe, B., 1990. Aile ve Aile Tipleri Üzerine bir İnceleme. Aile Yazılar 1. (Der: Dikeçligil B, Çiğdem A), T.C. Başbakanlık Aile Araştırma Kurumu Başkanlığı Yayınları, Ankara.
- Hamilton, P., 1996. The Enlightenment and the Birth of Social Science. *Formations of Modernity*, Edited by S. Hall and B. Gieben, Cambridge: Polity Press in association with the Open University, sf:17-70.
- Öztürk, Ş. 2009. Kırsal Kalkınma Yaklaşımları ve Küçük Meta Üretimi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, cilt:9, sayı:2: 173-188.
- Suğur, N. 2010. Sosyolojide Araştırma Yöntem ve Teknikleri. *Felsefe Bilim ve Toplum*. Anadolu Üniversitesi Yayınları. Bölüm 1, sayfa no: 10.
- Swingewood, A., 1998. *Sosyolojik Düşüncenin Kısa Tarihçesi*. Ankara Bilim ve Sanat Yayınları
- Szacki, J., 1979., *History of Sociological Thought*, Greenwood Press.
- Şahin E, Özteke H.T., 2003. 1980-2000 Yılları Arası Hükümet Programında İlköğretim. *Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17: 185-218.
- Taylan H.H., 2009. Türkiye'de Köy Ailesinde Aile İçi İlişkiler. *Selçuk Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Dergisi* 22: 117-138.

## Producer's behavior in adaption of lavender cultivation as an alternative product in Edirne province

Muaffak Sarioğlu<sup>1\*</sup>(ORCID ID: 0000-0001-8803-7139), Ebru Irmak<sup>2</sup> (ORCID ID:0000-0002-3378-0723)

<sup>\*1</sup> Giresun University, Technical Sciences Vocational School, Giresun, Turkey

<sup>2</sup> Lalapaşa Agriculture and Forestry District Directorate, Edirne, Turkey

\*Corresponding author e-mail: muaffak.sarioglu@giresun.edu.tr

### Abstract

The demand for medicinal and aromatic plants is still continuing today due to its wide range of uses. These plants, which were previously collected from nature, is under widely cultivated today to meet the increasing demand. The emergence of alternative treatment methods has increased the demand for medicinal and aromatic plants today. There is also an increasing interest in the lavender plant, which is in the group of medicinal and aromatic plants, in the province of Edirne. Lavender cultivation, which started with small scale production in 2016 in Edirne, gained momentum in 2018 with the "Edirne Lavender Smell Project" of the Thrace Agricultural Research Institute (TARE). Regarding the aforementioned project, TARE's trial parcel was made on the field day and information was given about lavender cultivation and lavender cultivation was encouraged. Cultivation of cereals and oilseed crops is common in the Thrace region. As a result of our investigation in Edirne province, it has been observed that interest in lavender cultivation, a new plant for the Thrace region, has increased. Regarding lavender cultivation, it has been determined that farmers are thinking of turning to lavender cultivation, being aware of innovations and growing lavender. Lavender growers came together to establish Keşan Medicinal and Aromatic Plants Production and Marketing Cooperative (ABİTKOP). In this study; Factors affecting the decision-making process of growing lavender plants, which started to be grown as a new agricultural product in Edirne Province, were examined.

**Keywords:** Lavender, Edirne, Agricultural Extension, Adoption

### INTRODUCTION

On the Thrace Peninsula of Edirne Province; It is located between 41° 40' North latitudes and 26°30' East longitudes, including Istranca Mountains in the North, Kuru Mountains in the South and the Aegean Sea-Saros Gulf, the Meric River and Meriç Plain in the West, and the Ergene Plain in the East. 80% of the provincial lands that include the Ergene and Meriç plains are suitable for agricultural production. Edirne is neighbor to Kırklareli and Tekirdağ in the East, Greece in the West, Bulgaria in the North and Çanakkale in the South. The Aegean Sea is located to the south of Edirne (Anonymous, 2020.a).

Agriculture is predominant in the economy of Edirne province. 73% of the active population is engaged in agriculture, fishing, hunting and forestry. 42% of the gross product is obtained from agriculture. Industry is developing rapidly in the province. The transit road connecting Europe to the Middle East, Anatolia and Istanbul passes here. The abundance of domestic and international transportation facilities and its proximity to Istanbul make Edirne a center of attraction. Various agricultural products are grown in Edirne and their plains are very fertile. Field crops production is very developed. Wheat and sunflower take the first place in grain production. In fruit growing, melon, watermelon cultivation and viticulture are advanced. Wheat, rice, sunflower, sugar beet, bean, sesame, rapeseed, tomato, eggplant, leek and cabbage are the main agricultural products grown in the province. Melon, grapes, watermelon, apple, pear, plum, cranberry and almond are important as fruits. It is among the leading provinces in irrigation, fertilization and using modern agricultural tools (Anonymous, 2020.b).

Lavender cultivation is a very new concept for the producers in Edirne Province. It is predicted that lavender cultivation will increase over the years. Lavender cultivation is carried out in Keşan, Süloğlu, Meriç, Uzunköprü and the central district. Lavender cultivation is carried out by leading farmers in Keşan, Süloğlu, Meriç and Uzunköprü. In order to solve the production and marketing problem, producers have established a cooperative under the name of ABİTKOOP (Keşan Medicinal and Aromatic Plants Production and Marketing Cooperative) in Keşan District (Anonymous, 2020.c).

Edirne is the border gate of Turkey in Europa. The roads and railways that connect Anatolia, Istanbul and the Middle East to Europe pass through Edirne.

Starting from the Kapikule border gate, the E-5 Highway follows the Edirne-Havsa-Babaeski-Çorlu-Silivri-Istanbul route. The road starting from the Ipsala border crossing follows the İpsala-Keşan-Malkara-Tekirdağ-Silivri route and merges with the E-5 Highway and continues to the Istanbul direction. Edirne and its districts are connected to each other by asphalt roads. Village roads are smooth and the number of motor vehicles has increased rapidly. Regarding the railway, Edirne is in a busy place, and daily Istanbul-Sofia-Venice-Paris, Istanbul-Sofia-Belgrade-Zagreb-Vienna, Istanbul-Sofia-Bucharest-Moscow travels are carried out from Kapikule. In addition, Istanbul-Thessaloniki-Athens train services are made through Uzunköprü and Eskiköy. Edirne is connected to Istanbul by a 230 km smooth road. (Anonymous, 2020.d)

## **MATERIAL AND METHOD**

The main material of the research was the producers of Lavender cultivation in Edirne, and the Medicinal and Aromatic Plants Production and Marketing Cooperative (ABITKOOP) in Keşan. All 19 agricultural enterprises producing lavender in Edirne Provincial Directorate of Food, Agriculture and Livestock Farmers Registration System (ÇKS) were included in the study.

In addition, the activities of the Thrace Agricultural Research Institute on lavender were researched. The information obtained from the interviews with the participants by participating in the field day on lavender was also used in the research. Edirne Food, Agriculture and Livestock Provincial Directorate's activities on lavender, newspaper news and research results published on lavender were also used.

During the collection of data on the subject; observation, interview and documentary screening methods were used. The most important feature of the observation technique is that the observed ones are in their natural environment. Many behaviors can only be determined objectively in this way. Interviewing is the technique of collecting data through verbal communication. If the interview is mostly face to face, it can also be done by phone. In addition to the superficial meanings of what was said in the interview, its real and depth meanings can be deduced. There are wide application areas of data collection by interview. Documentary scanning is called collecting data by examining existing records and documents. Documentary screening covers operations such as finding resources, reading, taking notes and evaluating for a specific purpose (Karasar, 2012).

With the use of these methods; The attitudes and behaviors of lavender growers, the purpose of lavender cultivation, whether or not they will continue their production, the factors that are effective in the decision-making process of lavender cultivation, and how they are aware of the subject are revealed. Detailed information was also received by phone call from the head of ABITKOOP which is located in Keşan.

Since the cultivation of lavender started in 2016 in Edirne, the developments between 2016 and 2018 were examined. The reason for taking the datas of 2016-2018 is because the study was carried out in 2019.

Before the research, the participants were informed about the content of the research and the research was conducted after their consent was obtained

## **FINDINGS**

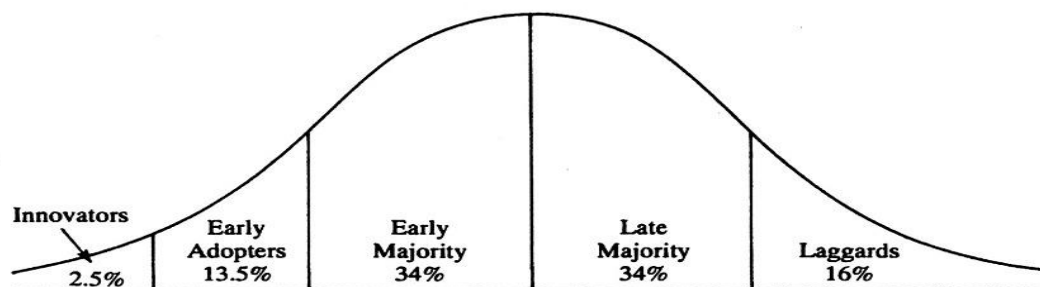
The acceptance process of innovations consists of five different stages: awareness, interest, evaluation, trial, acceptance process.

However, later studies have shown that these levels are not clearly separated in terms of time, as stated earlier. Although the stages in the admission process are not clearly distinguished, this model can assist in the selection of appropriate publishing methods during the preparation of the publishing programs. For example, information about innovation is crucial at the stage of awareness and acquisition (Değirmenci et al. 2008).

It is important to determine the appropriate extension method in the acceptance process of innovations. Information remains important at the stage of interest. The methods to be used at this stage should give the person a positive attitude towards innovation as well as information. Group talks, discussions, forums, field days, farm visits are among the methods used in the interest phase. During these practices, the farmers will be given the opportunity to see what they have heard so that they will gain a positive attitude towards innovations (Kayabaşı 2016).

Individuals can be divided into adoption groups according to their adoption of innovations. By looking at the general character of adoption groups, extensionists can predict to a certain extent which farmers in the region will show a positive or negative attitude towards innovation. Thus, different adoption methods can be applied according to different producer groups (Değirmenci et al. 2008).

The classification between adoption groups is as follows.



**Figure 1.** Classification of Adoption Groups

Levander producers in Edirne are among the innovative group in the 2.5% segment. According to the data obtained from the researches, the characteristic of this group is that they are courageous and aggressive.

Lavender cultivation in Edirne province started in Keşan and Merkez districts in 2016 and continued in Süloğlu, Meriç and Uzunköprü districts in the following years. Lavender cultivation in the central district of Edirne province was initiated in the trial fields of TTAE. In this way, it can be said that the institute encourages producers with an interest in the subject (Anonymous, 2020.e) (Anonymous, 2020.f).

Evaluation is the most critical phase in the process of adopting innovations. At this stage, it is important whether the farmers will pass the trial or acceptance stage. At the evaluation stage, farmers review their information according to their own facts. Therefore, at this stage, farmers must be convinced that what they hear and see is really workable.

Immigrants from Bulgaria, initiated lavender cultivation by making trial plantings for the evaluation of barren land. Immigrants who lives in Edirne and sometimes goes to Bulgaria and see there lavender cultivation is the main reason why levander production is widespread in Edirne. This is a very important stage in the process of accepting innovations. Especially, in the adoption and continuity of lavender cultivation in Keşan District has been effective of the sample lavender plots in Bulgaria.

The development of lavender cultivation by years in Edirne province can be seen in Table 1. In 2016, lavender cultivation has started in 19.86 dekares in Keşan district and 1 dekare in Meriç district. In 2017, 19,86 decares in Keşan district, 6.56 decares in Süloğlu district and 1 dekare in Meriç district were levander cultivated. In 2016-2018, lavender cultivation areas increased, and the area, which was 20.86 decares in 2016, reached 47.35 decares in 2018 (Table-1).

Distribution of lavender producers according to districts in Edirne province is given in Table 2. According to 2018; Kesan has the highest number of producers (15 people) engaged in lavender cultivation. In lavender cultivation, this district is followed by Süloğlu district with 2 producers, and Meriç and Uzunköprü with 1 producer. 14 of the 15 producers in Keşan district are members of ABITKOOP.

**Table 1.** Lavender Production Areas in Edirne Districts by Years (da.)

YEARS	DISTRICTS				TOTAL (da.)
	Keşan (da.)	Süloğlu (da.)	Meriç (da.)	Uzunköprü (da.)	
2016	19,86	-	1	-	20,86
2017	19,86	6,56	1	-	27,42
2018	10,00	6,56	1	29,79	47,35

Source: Edirne Provincial Directorate of Agriculture and Forestry (2019)

**Table 2.** Number of Lavender Producers in Edirne by Districts (Number) (2018)

Districts	Keşan	Süloğlu	Meriç	Uzunköprü
Number of producers	15	2	1	1

Source: Edirne Provincial Directorate of Agriculture and Forestry (2019)

The trial plots of TTAE located in Edirne Center and lavender cultivation on the 15-decare land on the Karaağaç road are cultivated for trial purposes (Anonymous, 2020.g).

“Edirne Lavender Field Days” was organized for the first time in 2018 with the contributions of TTAE and Edirne Promotion and Tourism Association on lavender cultivation. The lavender field day showed more interest than expected by local people and farmers (Anonymous, 2020.h).

Field days are one of the methods of group publishing in the fields in order to make it easier for farmers to get to know the organizations operating in agriculture, to see the innovations on site, to examine and adopt them. Field days are organized by institutions such as Provincial Directorates of Agriculture and Forestry, State Production Farms, Research Institutes and Faculty of Agriculture (Yurttaş et al. 2009).

During the oral meeting with the head of the ABİTKOOP Cooperative; It is stated that lavender cultivation is a profitable product that can be an alternative to barren and inefficient regions. Although the cooperative was established in Kesan District of Edirne Province, 14 partners from the neighboring province of Çanakkale became a partner to the cooperative this year and it was stated that they will start lavender cultivation in the production season of 2019.

Distribution of lavender growers according to the sources they learned about lavender cultivation can be seen in Table 3. According to the sources of information on lavender cultivation; growers in Keşan district learned from Bulgaria and Cooperative, growers in Süloğlu district learned from the District Directorate of Agriculture and Forestry, growers in Meriç district learned from the growers of other districts, and growers in Uzunköprü district learned from internet.

**Table 3.** Distribution of Lavender Growers According to the Sources of Learning and Whether Their Wishes to Continue Production

Districts	The sources of learning	Willingness to continue production
Keşan	Bulgaria, Cooperative	Yes
Süloğlu	District Agriculture and Forestry Directorate	Yes
Meriç	Growers in the other districts	No
Uzunköprü	From internet	Yes

Considering the producers' thoughts on whether to continue lavender cultivation or not; while it is seen that those in Süloğlu, Uzunköprü and Keşan districts have the will to continue growing, it is seen that the producer in Meriç district is not willing to grow lavender. Those who want to continue production; they stated reasons such as the profitability of lavender cultivation, contributing to beekeeping activities, and guaranteeing their profitability, and marketing activities by the cooperative. The producer who does not want to continue growing lavender; Since it does not have sufficient technical knowledge about production, it wants to discontinue production due to the drying of some of the lavender seedlings.

The system defines a form of organization or working order. Agricultural extension systems can be classified in different ways. According to the responsible institutions agricultural extension systems can be classified as public broadcasting, farmer organizations broadcasting, private sector broadcasting, cooperative broadcasting (Akkaya 2002).

In the adoption and acceptance of lavender cultivation to the producer; public institutions, farmer organizations, private sector and cooperatives are seen to be effective in different districts independently from each other. For example; While the cooperative was effective in the adoption and implementation of lavender cultivation in Keşan, public broadcasting work was effective in Süloğlu.

Distribution of lavender growers as seen according to reasons of lavender cultivation is in Table 4. Producers are producing lavender for various reasons in Edirne.

**Table 4.** Reasons of Levander Production and Main Sources of Income

Districts	Reasons for Production of Levander	Main Sources of Income
Keşan	Income generating	Entrepreneur, Producer
Süloğlu	Contributing to the beekeeping activity	Producer
Meriç	Evaluate barren land	Producer
Uzunköprü	Contributing to the beekeeping activity	Producer

In Table 5, there is distribution of lavender growers according to age, education, amount of land they grow lavender. The age groups of lavender growers are close to each other and it has been observed that the producers in the middle and above middle age groups tend to grow lavender.

When the educational status of those who grow lavender is evaluated; it is observed that those with different education levels cultivate lavender. There are primary, secondary and undergraduate graduates among those who grow lavender. The reason for the secondary and undergraduate graduates to start growing lavender is to gain income from lavender. These people said that they received the technical knowledge on lavender cultivation from growers in Bulgaria.

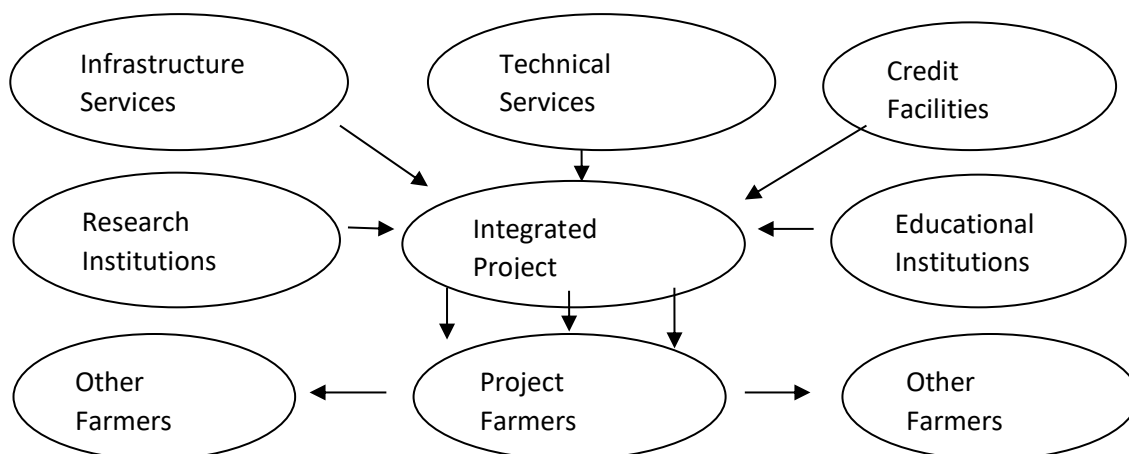
**Table 5.** Distribution of Lavender Growers According to Age, Education and Land Amount

Districts	The average age	Education	Lavender Grown Area (da.)
Süloğlu	42,70	Primary School	6,56
Keşan	63,03	Secondary Education, License	10,00
Uzunköprü	61,16	High School	29,79
Meriç	50,89	Primary School	1,00

Innovation is related to the perception of an object, application or idea as new by people. Since lavender cultivation is a new agricultural activity in the province of Edirne, it is necessary to go through the innovation decision process in order for producers to decide on lavender cultivation. Innovation decision process; the information phase consists of the persuasion phase, the decision phase, the implementation phase and the approval phase (Değirmenci et al. 2008).

In the extension approach, which is among the agricultural extension approaches, from the bottom up; decisions on problems, priorities and solutions are made with the participation of the target audience. In this approach; participation is important as projects need to be owned by the target audience in order to be successful. The importance of education in agricultural extension cannot be denied. A holistic approach is important in the development of rural areas. Holistic approach; is an approach in which services such as infrastructure, credit and technical issues are provided to farmers in a supportive and complementary manner. Rural development studies are largely based on education and should not only be considered as information transfer.

In the programs planned with a holistic approach, close cooperation and effective coordination between the organizations providing services to farmers is required. In this way, instead of providing disconnected services to farmers by different institutions and organizations, supportive and complementary services can be provided. The holistic approach is schematized as shown below (Yurttaş et al. 2009).



**Figure 1.** Holistic Approach in Rural Development Source: Yurttaş et al. 2009

Examples of the holistic approach are the practices of the Ministry of Finance and the Ministry of Food, Agriculture and Livestock. The Ministry of Finance, published in the Official Gazette dated 24 November 2017 and numbered 30250, contains the procedures and principles regarding the leasing of Treasury immovable properties for the purpose of growing medicinal and aromatic plants and ornamental plants. Said communiqué can be seen as an opportunity for producers considering lavender cultivation suitable for the evaluation of barren areas (Anonymous, 2170.1).

Regarding the issue, the Ministry of Food, Agriculture and Livestock of the time launched the Young Farmer Project in 2018. With the project; it is aimed to ensure sustainability in agriculture, support the entrepreneurship of young farmers, increase the income level, create alternative income sources and realize projects for agricultural production that will contribute to the employment of the young population in the countryside. Young farmers who want to grow lavender can benefit from the project (Anonymous, 2018).

TTAE and Edirne Promotion and Tourism Association's intense work, social media, field days, demonstration studies support holistic publishing.

## RESULTS and DISCUSSION

The process of spreading, adopting, accepting and trying innovations requires a long process. The first group to adopt innovation is in Edirne, scattered in the district and center for lavender cultivation and consists of entrepreneur farmers. Although the activities of promoting the lavender plant of TTAE in Edirne Province made a awareness, its effect on the adoption process by the regional farmers remained weak. Nevertheless, the leadership of entrepreneur farmers, Bulgaria being one of the leading countries in lavender cultivation and Edirne being a border neighbor with Bulgaria contributed to learning and practicing the entrepreneurial spirit of lavender cultivation of the people of the region. The fact that those who will make lavender cultivation bring the seedlings that they need from Bulgaria makes the issue important not only in the information exchange dimension but also in the commercial dimension.

Establishing the cooperative in Keşan district for the first time in Turkey for lavender which is placed in medicinal and aromatic plants is quite a nice improvement. The fact that the lavender plant can be grown in barren areas and the producers in the districts besides the city center point out that the lavender cultivation will increase in Edirne in the following years.

Thrace Region has been known and recognized for sunflower and wheat cultivation for years. Growing products that may be an alternative to the region may cause development and improvement in the structure of the soil, as well as change the face of Thrace. In addition, lavender plants are used in many sectors from the pharmaceutical and cosmetics industry to home decorations. Lavender is a plant that is very profitable compared to other plants in the evaluation of barren areas and can contribute to the rural economy. The plant, which is not very selective in terms of climate and soil structure, brings entrepreneurs to encouragement for lavender cultivation, as it is perennial and durable.



## CONCLUSION

Lavender plant has many benefits that can create added value from beekeeping to eco tourism. It should not be forgotten that the proximity of Edirne to Istanbul will provide an advantage in lavender marketing activities and organizing day trips to lavender fields.

## REFERENCES

- (Anonymous,2020.g)  
<https://edirne.tarimorman.gov.tr/Belgeler/HaberBultenleri/Nisan2018/Lavanta%20d%C3%BCnyaya%20a%C3%A7%C4%B1lacak%20-%20Edirne%20G%C3%BCndem%20Gazetesi.pdf> Date of access: 06.01.2020
- Akkaya M.S (2002). Türkiye ve Avrupa Birliğinde Tarımsal Yayım ve Haberleşmede Bilgi Akışı Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Anonymous 2020.f <https://finans.mynet.com/haber/detay/ekonomi/mor-tarlalarda-hasat-vakti/175676/#7709501> Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2017.1 Maliye Bakanlığı Tebliği <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/11/20171124-6.htm> Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2018.  
[https://genciftci.tarim.gov.tr/Content/download/OLUR\\_UYGULAMA\\_REHBERI\\_VE\\_EKLERI\\_2018.pdf](https://genciftci.tarim.gov.tr/Content/download/OLUR_UYGULAMA_REHBERI_VE_EKLERI_2018.pdf) Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2020, d <https://on5yirmi5.com/dosya/turkiyenin-illeri/22-edirne-hakkinda-genel-bilgi/> Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2020.a, <http://www.edirneozelidare.gov.tr/cografya-yapi-02-03-2013> Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2020.b <http://www.cografya.gen.tr/tr/edirne/ekonomi.html> Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2020.c. <http://abitkoop.com/index.php> Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2020.e <https://www.haberler.com/edirne-de-lavanta-gunleri-10927257-haberi/> Date of access: 06.01.2020
- Anonymous, 2020.h <https://www.trakyaagezi.com/edirne-lavanta-kokacak/> Erişim Tarihi: 06.01.2020
- Değirmenci, Y., Manyaz, İ., Güzelaydın, İ., Erkuş, E., Koçak, F., Arı, B. Tarımsal Yayım ve Danışmanlık. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Teşkilatlanma ve Destekleme Genel Müdürlüğü. 2008. Ankara.
- Karasar, N., 2012. Bilimsel Araştırma Yöntemi., 23.Basım., Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic.Ltd.Şti, Ankara.
- Kayabaş, Z. (2016). İstanbul ili Silivri ilçesinde tarımsal üretim ve yayım yaklaşımlarının analizi üzerine bir araştırma (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Yurttaş Z., Atsan, T., Keskin, A. (2009). Tarımsal Yayım ve İletişim Teknikleri. Ata.Üni.Zir.Fak.,Yayın No:67, Erzurum.

## Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorun tasarımı ve mıknatıs malzeme ile kalınlıklarının değişimine göre analitik ile nümerik analizleri

Umut Yusuf Gündoğar\*<sup>1,2</sup>, Sibel Zorlu Partal<sup>1</sup>

<sup>1,2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> NUMESYS İleri Mühendislik Hizmetleri A.Ş., İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail:umutgundogar@hotmail.com.tr

### Özet

Bu çalışmada sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım makinalarında farklı mıknatıs malzemesi ve farklı mıknatıs kalınlığı seçimlerinin, motorun performansı üzerindeki önemli etkisi incelenmiştir. Çalışmada elektrik makinalarında yaygın olarak kullanılan iki mıknatıs türü (NdFe35 ve SmCo24) referans alınmış ve her iki mıknatıs türü için de 6 farklı mıknatıs kalınlığına göre değişik motor tasarımları yapılarak, ANSYS RMXprt ve ANSYS Maxwell yazılımları ile analitik ve nümerik analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir motor tasarımının; vuru mu momenti, manyetik akı dağılımı, akım, verim ve çıkış gücü gibi parametreler üzerindeki etkisi ayrı ayrı incelenmiş ve sonuçlar karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Bu sonuçlar irdelenerek, mıknatıs malzeme ve mıknatıs kalınlık seçimlerine göre motor performansı incelenmiş ve en uygun motor modeli elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik Makinalarının Tasarımı, Küresel Motor, Elektromanyetik Analiz, Mıknatıs, ANSYS Maxwell.

### Design of permanent magnet brushless direct current motor and analytical and numerical analysis according to the change of magnet material and thickness

#### Abstract

The effects of different magnet material and different magnet thickness selections were investigated in permanent magnets brushless DC machines in this paper. In this study, two types of magnets (NdFe35 and SmCo24), which are widely used in electrical machines, were taken as reference and different motor designs were made according to 6 different magnet thicknesses for both magnet types. ANSYS RMXprt and ANSYS Maxwell software are used for analytical and numerical analysis. The impact on the parameters such as cogging torque, magnetic flux distribution, current, efficiency and output power were examined separately and the results are given comparatively each motor design. As a result of the analysis, the most suitable motor design was obtained in terms of motor performance.

**Keywords:** Design of Electrical Machines, Spherical Motor, Electromagnetic Analysis, Magnet, ANSYS Maxwell.

### GİRİŞ

Gelişen teknoloji ve endüstriyel uygulamalardaki çeşitlilik sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorlarının kullanım alanının yaygınlaşmasını sağlamıştır. Son yıllarda öne çıkan enerji verimli motor tasarımı çalışmaları, daha küçük hacimlerde daha fazla moment ihtiyacı ve mıknatıs teknolojisindeki ilerlemelerden dolayı, sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorlarının gelişimi gün geçtikçe artmakta, otomotiv, robotik ve endüstriyel birçok uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Literatürde sabit mıknatıslı fırçasız motorlarda farklı mıknatıs, farklı malzeme ve farklı geometrik yapıları kullanılarak, çeşitli tasarım çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan birinde, sabit mıknatıslı bir fırçasız motorda, mıknatısların yüzeye monte edilmiş ve teğetsel olarak konumlandırılmış yapısının, manyetik akı yoğunluğuna ve motorun çalışma performansına etkisi incelenerek; teğetsel olarak konumlandırılmış mıknatıs yapısındaki motorun, mıknatısların yüzeye monte edilmiş motordan yaklaşık olarak iki katı kadar endüktans değerinin olduğu görülmüştür (Anjana ve ark., 2014). Yine bazı çalışmalarda rotorun yüzeyinde yer alan mıknatısların simetrik ve asimetric olarak konumlandırılması durumlarında asimetric olarak dağılım gösteren mıknatıs yapısındaki motorun vuru mu momentinin azaltıldığı incelenmiştir (Paduszyński ve Goryca, 2018). Başka bir çalışmada motorun çıkış gücünün maksimum değerlerinde, artan mıknatıs kalınlığının, artan

motor kayıpları nedeniyle çıkış torkunun azalmasına neden olduğu görülmüştür (Bayındır ve ark., 2011). Yüzey ile gömülü mıknatısların durumunun ve farklı dizilişlerindeki mıknatısların vuru mu momenti, ters elektromotor kuvveti ve tork değerlerine etkileri incelenmiştir. Halka tip, spoke tip, U tip ve V tip mıknatıs yapılarındaki motorun performans çıktıları incelendiğinde zıt elektromotor kuvveti ve vuru mu momenti değerlerinin benzerlik gösterdiği ancak U tip mıknatıs yapısına sahip motorun 1.60 Nm ortalama tork değeriyle en yüksek torka sahip olan motor tipi olduğu görülmüştür (Özkan ve ark., 2015), (Aptullah ve ark., 2016). Vuru mu momentinin iyileştirilmesi konusunda da literatürde farklı motor tasarımları üzerine çalışmalar yapılmış, analiz sonuçları verilmiştir. Yapılan bir çalışmada rotordaki mıknatısların kesikli olması durumundaki vuru mu momenti değeri, mıknatısların bütün olması durumundaki vuru mu momenti değerine göre %72 oranında düşürüldüğü görülmüştür (Pandya ve Kapil, 2016). Gerçekleştirilen başka çalışmada motorun stator ayaklarının genişliklerinin değiştirilmesi ve mıknatısların kayma durumları incelenerek vuru mu momentinin azaltılabileceği sonucuna varılmıştır (Sensen ve ark., 2016), (Xintong ve ark., 2009). Ayrıca stator olukları arasındaki kayma ve farklı açıklık durumları incelenerek gerçekleştirilen analizler sonucunda vuru mu momentinin, oluklar arasında herhangi bir açıklık veya kayma olmayan durumdaki vuru mu momentinden yaklaşık olarak %70 oranında daha düşük olduğu görülmüştür (Abbaszadeh (Ph.D) ve Jafari, 2011). Yapılan başka bir çalışmada mıknatısların rotorda dağılım durumlarının analizleri gerçekleştirildikten sonra, vuru mu momentini en aza indirmek ve dengesiz manyetik kuvvetlerin azaltılması için mıknatısların rotor yüzeyine dağılımının mümkün olduğu kadar küçük olması gerektiği görülmüştür (Sargazi ve ark., 2014). Bir çalışmada yapılan analizlerle stator dişlerinin şeklini ve açısını değiştirerek vuru mu momentinin azaltıldığı ve titreşim ile gürültünün de azaltılacağı incelenmiştir (Arvind ve ark., 2018).

Bu çalışmada ise sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım makinalarında farklı mıknatıs malzemesi ve farklı mıknatıs kalınlıkları kullanımının motor performansına etkisi incelenmiş, her farklı motor tasarımı için ANSYS RMxprt ve ANSYS Maxwell yazılımları kullanılarak analitik ve nümerik analizler gerçekleştirilmiştir. Her bir durum için motorun çalışma parametreleri ve manyetik akı yoğunluğu dağılımları elde edilerek, optimum bir tasarım elde edilmeye çalışılmıştır.

## SABİT MIKNATISLI FIRÇASIZ DOĞRU AKIM MOTORLARI VE MATEMATİKSEL MODELİ

Sabit mıknatıs teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, elektrik makinalarında moment, verim, boyut ve enerji verimliliği gibi parametrelerinin optimizasyonunda bu malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım makinaları, stator sargı yapısına ve rotorda kullanılan mıknatısın konumuna göre (rotor yüzeyinde veya rotor içine gömülü olması durumlarına göre), iç veya dış rotorlu olarak isimlendirilirler (Miller, 1989).

BLDC motorun matematiksel ifadesi ve performansı zamana bağlı olarak gerçekleştirilen analizler ile elde edilir. Zamana bağlı olarak gerilim değeri, (1) denkleminde görüldüğü gibi ifade edilmektedir (ANSYS RMxprt Online Help, 2015).

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 + L_d p & -L_q \omega_e & 0 \\ -L_q \omega_e & R_1 + L_d p & 0 \\ 0 & 0 & R_1 + L_0 p \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_0 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Yukarıdaki denklemde yer alan  $R_1$ ,  $L_d$ ,  $L_q$  ve  $L_0$  sırasıyla armatür direncini,  $d$  eksen senkron endüktansını,  $q$  eksen senkron endüktansını ve 0 eksen endüktansını ifade etmektedir.  $\omega_e$ , elektriksel olarak rad/s cinsinden rotorun hızını ve  $p, \frac{d}{dt}$ ’yi temsil etmektedir (ANSYS RMxprt Online Help, 2015).

Terminal gerilimleri, endüklenen gerilimler ve sargı akımları için dönüşümler sırasıyla aşağıda (2) - (3) - (4) denklemlerinde ifade edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} v_d \\ v_q \\ v_0 \end{bmatrix} = C^T \cdot \begin{bmatrix} v_a \\ v_b \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} e_d \\ e_q \\ e_0 \end{bmatrix} = C^T \cdot \begin{bmatrix} e_a \\ e_b \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_0 \end{bmatrix} = C \cdot \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ i_0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

2 fazlı, 3 fazlı ve 4 fazlı sistemler için  $C_2$ ,  $C_3$  ve  $C_4$  olarak belirtilen dönüşüm matrisleri sırasıyla aşağıda (5) - (6) - (7) denklemlerinde gösterilmektedir (ANSYS RMxprt Online Help, 2015).

$$C_2 = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ \sin \theta & \cos \theta & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$C_3 = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos(\theta - \alpha) & \sin(\theta - \alpha) & \frac{1}{\sqrt{2}} \\ \cos(\theta - 2\alpha) & \sin(\theta - 2\alpha) & \frac{1}{\sqrt{2}} \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$C_4 = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ \sin \theta & -\cos \theta & 0 \\ -\cos \theta & -\sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Yukarıda (6) denkleminde yer alan  $\alpha$ , matematiksel olarak  $\frac{2\pi}{3}$  değerini temsil etmektedir.

Giriş gücü yani elektriksel güç, gerilim ve akım ifadelerinden aşağıdaki (8) denklemindeki gibi hesaplanabilmektedir [13].

$$P_1 = \frac{1}{t} \int_0^T (v_d i_d + v_d i_d + v_d i_d) dt \quad (8)$$

Çıkış gücü yani mekaniksel güç ise aşağıda yer alan (9) denklemindeki gibi hesaplanabilmektedir (ANSYS RMxprt Online Help, 2015).

$$P_2 = P_1 - (P_{fw} + P_{Cua} + P_t + P_{Fe}) \quad (9)$$

Denklem 2.9'da yer alan  $P_{fw}$ ,  $P_{Cua}$ ,  $P$  ve  $P_{Fe}$  sırasıyla sürtünme ve rüzgar kaybı, armatür bakır kaybı, transistör/ diyot kaybı ve demir nüve kaybı olarak tanımlanmaktadır.

Çıkış mekanik mil momenti ve verimi sırasıyla aşağıda yer alan (10) denklemindeki ve (11) denklemindeki ifadeler ile elde edilmektedir (ANSYS RMxprt Online Help, 2015).

$$T_2 = \frac{P_2}{\omega} \quad (10)$$

$$eff = \frac{P_2}{P_1} * 100\% \quad (11)$$

BLDC motor matematiksel ifadesinin yanında lineer olmayan statik manyetik alan Maxwell denklemlerini incelediğimizde akım yoğunluğunun ve manyetik akı yoğunluğunun ifadeleri sırasıyla (12) - (13) denklemlerinde verildiği gibi ifade edilir (Phyu, 2004).

$$\nabla \times H = J \quad (12)$$

$$B = \mu H \quad (13)$$

Boşluğun manyetik geçirgenliği  $\mu_0$  ve malzemenin manyetik geçirgenliği  $\mu_r$  ile tanımlanmaktadır. Manyetik akı yoğunluğu, manyetik vektör potansiyelinden hesaplanır ve (14) denklemindeki gibi ifade edilebilmektedir (Hendershot ve Miller, 1994).

$$B = \mu_0 \mu_r H = \nabla \times A \quad (14)$$

Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorundaki mıknatıs malzemeler ve modelleri manyetik akı yoğunluğunu etkilediği için motorun momentine ve elektromanyetik kuvvetine etki edecektir.

## Sabit Mıknatıslar

Sabit mıknatıslar buldukları ortamda veya sistemde uyarma olmadan manyetik alan oluşturabilirler. Sabit mıknatıslar kobalt, nikel ve demir gibi malzemelerin alaşımlarından meydana gelirler. BH eğrileri, kalıcı akı yoğunluğu ve mıknatıslanmayı giderici kuvveti oldukça yüksek değerdedir. Sabit mıknatısların kalıcı akı yoğunluklarının yüksek değerlerde olması, oluşan manyetik alanın da yüksek değerde olmasını sağlar. Sabit mıknatıslar zamanla geliştirilerek, farklı alaşımlarla, farklı özelliklere sahip değişik mıknatıs çeşitleri elde edilmiştir. Sabit mıknatıslar, yapılarındaki malzemeler göz önüne alınarak sınıflandırma yapıldığında metal, seramik ve nadir toprak olarak ele alınabilir (Svoboda, 2004).

Nadir toprak mıknatısları, Alnico ve Ferrit mıknatıslara göre daha fazla enerji yoğunluğuna sahip olduklarından kullanım alanları oldukça yaygındır. Nadir toprak mıknatısları kobalt tabanlı (SmCo) ve demir tabanlı (NdFeB) olarak ikiye ayrılırlar. SmCo mıknatıslar genellikle sıkıştırıldıktan sonra birleştirilerek üretilirler. Kullanım yerine göre değişiklik gösterse de Neodyum mıknatıslara göre daha ucuz olması sebebiyle tercih edilirler. SmCo mıknatıslar anizotropik özelliğe sahip olduklarından dolayı sadece oryantasyon yönüne göre mıknatıslanma sağlarlar (Svoboda, 2004).

NdFeB mıknatıslar, sabit mıknatıslar içinde en çok kullanılan ve yüksek enerjiye sahip mıknatıs çeşididir. NdFeB mıknatısların kalıcı mıknatıslıklarını kaybettiikleri kritik sıcaklık yaklaşık 310°C değerindedir. Yüksek sıcaklık değerlerinde sabit mıknatıslar manyetik özelliklerini yitirmeye başlarlar ve akı yoğunluğunda değişimler meydana gelir (Svoboda, 2004). NdFeB sabit mıknatısların çalışma sıcaklığı genel olarak 80°C ile 220°C aralığında değiştiği söylenebilir. Çalışma sıcaklıklarının düşük seviyelerde olması NdFeB mıknatısların dezavantajı olarak görülebilir, fakat hacim ve ağırlık bakımından daha küçük değerlerde mıknatıs kullanılması gerektiğinde, bu malzemelerin kullanımı avantaj sağlayabilir. Bu sebeple uçaklarda, robotik uygulamalarda, elektrik makinelerinde yaygın olarak kullanılırlar (Gündoğar, 2015).

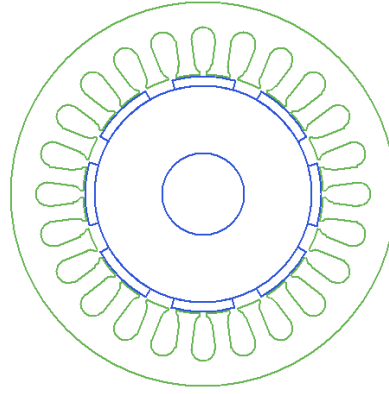
Sabit mıknatısların maliyetli olması dezavantaj gibi düşünülse de bu makinelerin yüksek verim/devir karakteristiğine sahip olması ve uzun ömürlü olması sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorlarının kullanımının artmasını sağlamaktadır. Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorları doğrusal moment ve hız ilişkisi yönünden de avantaj sağlamaktadır. Ayrıca daha az iletken sayısına sahip olduğu için yüksek moment ve hacim bakımından da önemli bir avantaja sahiptir. Fırçalı makinalara göre kollektör ve fırçaların olmayışı ile daha az bakım gereksinimi vardır. Uzun ömürlü olması, elektriksel gürültü meydana getirmemesi, sessiz çalışması kullanım alanlarını arttırmaktadır. Çalışması için güç elektroniği devresine ve rotor konum bilgisine ihtiyaç vardır. Genellikle Hall etkili sensörler kullanılmakta olup, algılayıcısız yöntemlerle çalıştırılmak istendiğinde ek algoritmalar gereksinimi oluşmaktadır.

## SABİT MIKNATISLI FIRÇASIZ DOĞRU AKIM MOTORUNUN TASARIMI

Sabit mıknatıs teknolojisindeki sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun Tablo 1'de verilen parametrelerle modellenmesi, ANSYS RMxprt yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Motorda sabit mıknatıs malzeme olarak NdFe35 ve SmCo24 kullanılmıştır. Sabit mıknatısların kalınlıkları 3mm ile 4mm arasında ve 0.2 mm aralıklarla değişen değerlerde alınarak, 12 farklı tasarım gerçekleştirilmiştir. Motorun tasarımında statora ve rotora M19-26G sac malzeme, sabit mıknatıslara NdFe35 malzeme ile SmCo24 malzeme ve sargılara da bakır malzeme tanımlanmıştır. ANSYS RMxprt yazılımı ile tasarımı ve analitik çözümleri gerçekleştirilen sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun genel yapısı Şekil 1'de görülmektedir.

**Tablo 1.** Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun tasarım parametreleri

Anma Çıkış Gücü	300 W
Anma Gerilimi	96 V
İstenen Anma Hızı	750 devir/dakika
Kutup Sayısı	8
Stator Dış Çap	120 mm
Stator İç Çap	75 mm
Stator Oluk Sayısı	24
Rotor Dış Çap	74 mm
Rotor İç Çap	26 mm
Stator ve Rotor Uzunluğu	70 mm
Çalışma Sıcaklığı	75°C



**Şekil 1.** Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun genel yapısı

### **Sabit Mıknatıslı Fırçasız Doğru Akım Motorunun Mıknatıs Kalınlığının Değişimine Göre Parametrik Analitik Analizleri**

Motorun tasarımı, modellenmesi ve analitik analizleri, elektrik makinelerinin tasarımında başlangıç adımı olarak kullanılan ve motorun analitik hesaplamalarının detaylı ve pratik olarak elde edildiği ANSYS RMxprt yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. ANSYS RMxprt yazılımı ile tasarlanan elektrik makinesi modeli, daha sonra ANSYS Maxwell yazılımına aktarılarak, sonlu elemanlar yöntemiyle nümerik analizleri gerçekleştirilmiştir (ANSYS Maxwell Online Help, 2017).

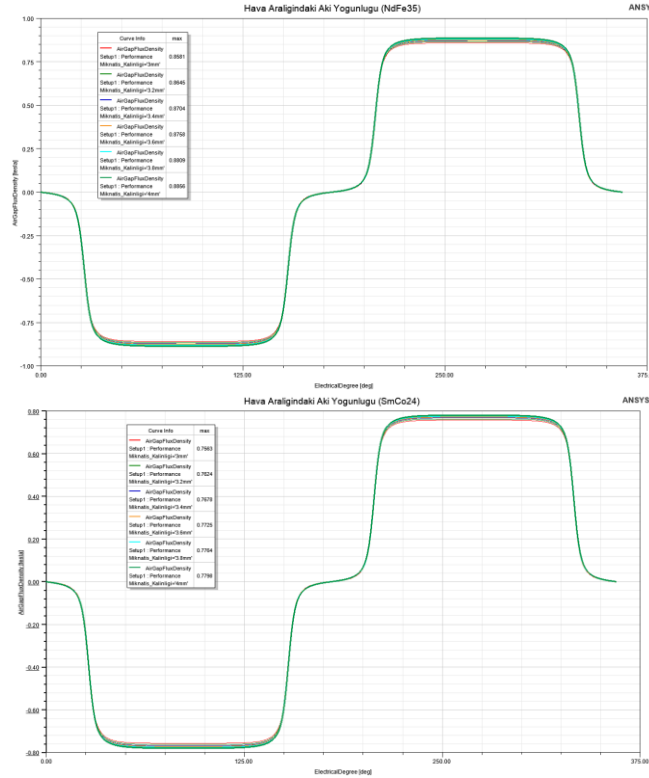
ANSYS RMxprt ile tasarım parametrelerine göre modellenmesi gerçekleştirilen sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun rotorunda yer alan sabit mıknatıslar NdFe35 ve SmCo24 malzemeleri olarak ve mıknatıs kalınlıkları da 3.2mm, 3.4mm, 3.6mm, 3.8mm ve 4 mm olarak tanımlanmıştır. Bu mıknatıs çeşitleri ve kalınlıklarına göre ANSYS RMxprt ve ANSYS Optimetrics yazılımları ile motorun parametrik olarak analitik analizleri gerçekleştirilmiştir.

Rotorda yer alan sabit mıknatıslar için NdFe35 ve SmCo24 malzemelerinin kullanıldığı, mıknatıs kalınlıklarının da 0.2mm aralıklarla 3 mm ile 4mm arasında alındığı farklı motor tasarımları için elde edilen analitik sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun NdFe35 ve SmCo24 mıknatıs malzemeleri ve farklı mıknatıs kalınlıklarına göre analitik sonuçları

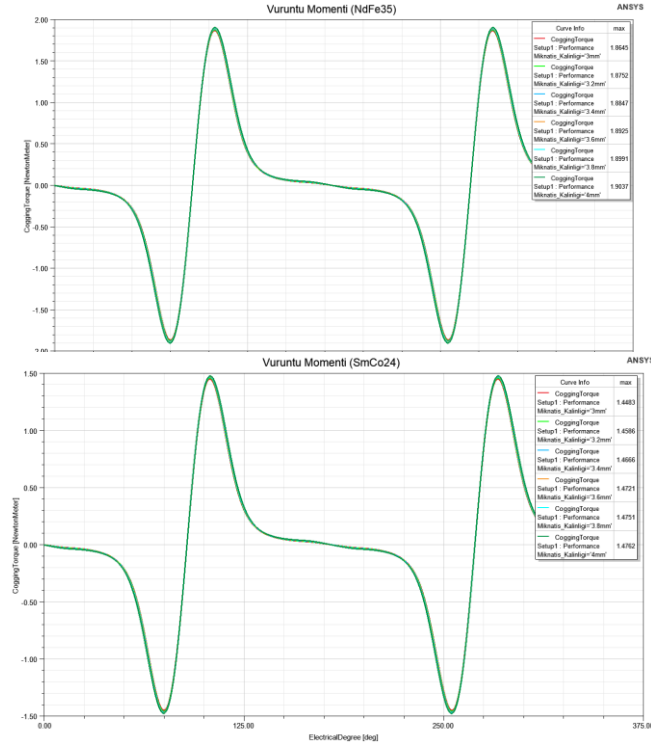
	3 mm	3,2 mm	3,4 mm	3,6 mm	3,8 mm	4 mm
NdFe35						
Moment	3,92 Nm	3,94 Nm	3,97 Nm	3,97 Nm	3,99 Nm	4 Nm
Akım	3,08 A	3,08 A	3,07 A	3,079 A	3,06 A	3,06 A
Verim %	82,48	82,49	82,5	82,48	82,52	82,52
SmCo24						
Moment	4,09 Nm	4,11 Nm	4,13 Nm	4,14 Nm	4,16 Nm	4,167 Nm
Akım	3,3 A	3,29 A	3,29 A	3,28 A	3,28 A	3,27 A
Verim %	78,5	78,56	78,6	78,64	78,65	78,7

Farklı mıknatıs kalınlıklarına bağlı olarak analizleri gerçekleştirilen motorun, her bir durum için parametrelerinin değişimleri incelenmiş ve bu değişimler grafik olarak verilmiştir. NdFe35 ve SmCo24 mıknatısları kullanılarak, 12 farklı mıknatıs kalınlığı için yapılan bu analiz sonuçlarına göre, elektriksel açı ile hava aralığındaki akı yoğunluğu arasında elde edilen değişimler Şekil 2’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi her iki mıknatıs için bu değişimler sinüzoidal olarak elde edilmiştir.



**Şekil 2.** Elektriksel açıya bağlı olarak hava aralığındaki akı yoğunluğu değişimi

NdFe35 ve SmCo24 mıknatısları için farklı mıknatıs kalınlıkları kullanılarak yapılan analizlerde elektriksel açı ile vuru momenti arasındaki değişimler Şekil 3’te görüldüğü gibi elde edilmiştir.



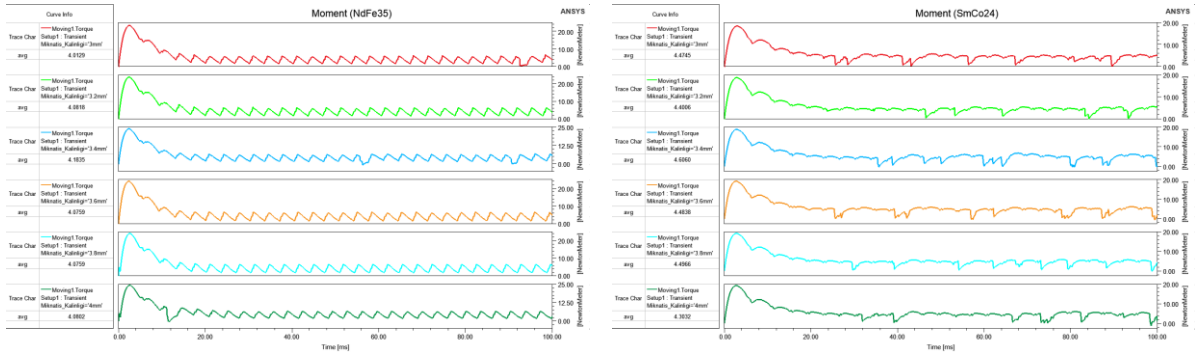
Şekil 3. Elektriksel açıya bağı olarak vurutu momentini değışimi

Mıknatıs kalınlıklarının değışimine bağı olarak yapılan analitik analizlerde, hava aralığındaki akı yoğunluğunun değışimleri incelendiğinde mıknatıs kalınlığının artmasıyla akı yoğunluğu değeri de arttığı görülmüştür. NdFe35 mıknatıs malzemeli motordaki hava aralığı akı yoğunluğunun, SmCo24 mıknatıs malzemeli motordaki hava aralığı akı yoğunluğuna göre daha fazla olduğu görülmüştür. NdFe35 mıknatıs malzemeli motorda vurutu momentinin, SmCo24 mıknatıs malzemeli motordaki vurutu momentine göre yaklaşık olarak %28 oranında daha büyük olduğu görülmüştür.

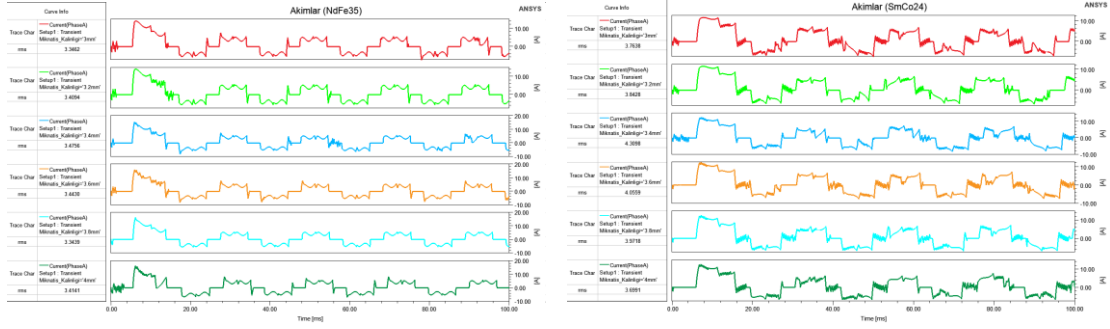
### SABİT MIKNATISLI FIRÇASIZ DOĞRU AKIM MOTORUNUN SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİYLE ELEKTROMANYETİK ANALİZLERİ

Sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun ANSYS RMXprt yazılımıyla tasarımı ve analitik analizleri gerçekleştirildikten sonra, farklı mıknatıs kalınlıkları ve farklı mıknatıs malzemeleri ile yapılan motor tasarımları ANSYS Maxwell yazılımına aktarılmıştır. ANSYS Maxwell yazılımına aktarım, uygun sınır şartları tanımlanarak, en uygun simetrik boyutta yapılmıştır. Maxwell yazılımına simetrik olarak en uygun modelin aktarılmış olması, çözüm süresini kısaltmaktadır. Daha sonra bu simetrik modelin sonlu elemanlar yöntemiyle nümerik analizleri gerçekleştirilerek elektromanyetik alan dağılımları incelenmiştir. Farklı mıknatıs malzemelerindeki ve mıknatıs kalınlıklarındaki 12 ayrı model üzerinde 100 ms boyunca 0.2 ms zaman adımlarıyla geçici hal analizleri yapılmıştır. NdFe35 ile SmCo24 mıknatıs malzemelerinin her biri için 6 farklı mıknatıs kalınlığına göre yapılan bu analizler sonucunda moment, akım ve manyetik akı yoğunluğu değışimleri elde edilmiş ve sonuçlar aşağıda verilmiştir. Şekil 4'te geçici hal analizi verilen akım ve moment eğrilerine bakıldığında, 20ms süre sonra moment eğrisinin sabit duruma geçtiği görülmüştür.





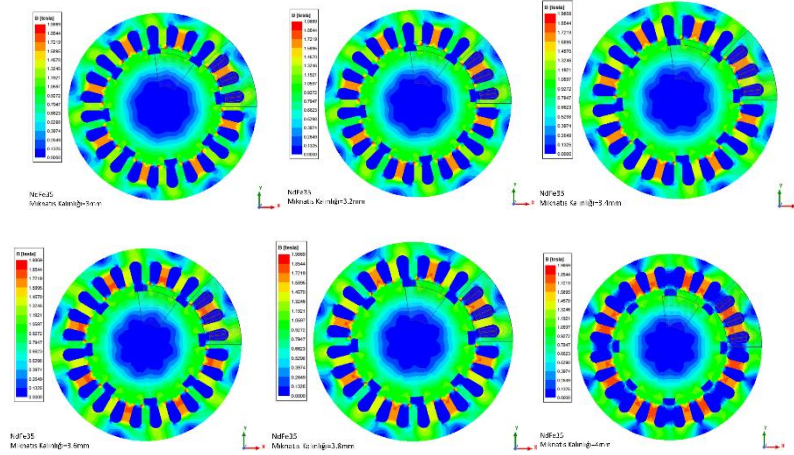
a) NdFe35 ve SmCo24 mıknatıs malzemeleri için moment değışimleri



b) NdFe35 ve SmCo24 mıknatıs malzemeleri için akım değışimleri

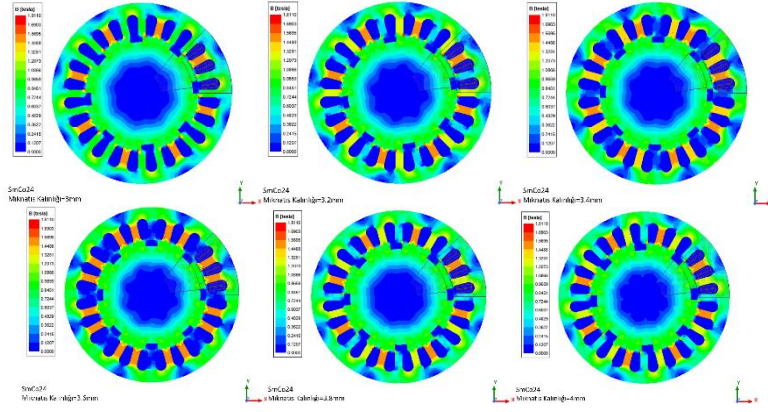
Şekil 4: Geçici hal analizinde NdFe35 ve SmCo24 mıknatıs malzemeleri için moment ve akım değışimleri

NdFe35 sabit mıknatıslı motorun farklı mıknatıs kalınlıklarına göre elde edilen manyetik akı yoğunluğu dağılımları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5: NdFe35 sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun mıknatıs kalınlığı değışimine göre manyetik akı yoğunluğu dağılımları

SmCo24 sabit mıknatıslı motorun farklı mıknatıs kalınlıklarına göre elde edilen manyetik akı yoğunluğu dağılımları Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6: SmCo24 sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun mıknatıs kalınlığı değişimine göre manyetik akı yoğunluğu dağılımları

Şekil 5 ve Şekil 6 incelediğinde, NdFe35 mıknatıs malzemeli motordaki hava aralığı akı yoğunluğunun, SmCo24 mıknatıs malzemeli motordaki hava aralığı akı yoğunluğuna göre yaklaşık olarak %9 oranında daha yüksek olduğu görülmüştür.

## SONUÇLAR

Bu çalışmada sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun rotorunda 2 farklı mıknatıs malzeme (NdFe35 ve SmCo24) ve bu malzemelerin her biri için de 6 farklı mıknatıs kalınlığı seçilerek farklı motor tasarımları yapılmış ve her bir tasarımın motor performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışmada her bir durum için ayrı ayrı motor modelleri oluşturulmuş ve oluşturulan bu modellerin ANSYS RMxprt yazılımı ile analitik analizleri gerçekleştirilerek, verim, moment, akım gibi performans parametreleri incelenmiştir. Yine mıknatısların malzeme ve kalınlık değişimlerine göre, ANSYS Maxwell yazılımında sonlu elemanlar yöntemiyle nümerik analizleri gerçekleştirilmiş, geçici durum için moment eğrileri, akım grafikleri ve manyetik akı yoğunluğu dağılımları incelenmiştir.

Çalışmada farklı mıknatıs malzeme ve farklı mıknatıs kalınlıkları için oluşturulan motor tasarımlarının analitik ve nümerik analizleri için, hava aralığı ile motor modelinin akı yoğunluğunun değişimleri incelendiğinde, mıknatıs kalınlığının artmasıyla akı yoğunluğu değerinin arttığı görülmüştür. Ancak manyetik akı yoğunluğu dağılımındaki artışın, stator ve rotorda kullanılan sac malzemeyi doyuma götürme riski vardır. Bu sebeple mıknatıs kalınlığı seçilirken, motorda kullanılan sac malzemenin özelliklerinin de dikkate alınarak seçilmesi gerekmektedir.

Analitik ve nümerik analizler sonucunda elde edilen moment değerleri karşılaştırıldığında, sonuçlar arasında %97 değerinde bir yakınsaklık elde edildiği görülmüştür. Analitik analiz sonuçlarında vuru momentinin hem NdFe35 hem SmCo24 mıknatıs malzemelerindeki kalınlık değişimlerinin her malzemeni kendi içinde çok fazla değişkenlik göstermediği; her mıknatıs kalınlığında NdFe35 mıknatıs malzemedeki vuru momentinin, SmCo24 mıknatıs malzemedeki vuru momentine göre yaklaşık olarak 0.4Nm daha fazla olduğu görülmüştür. Ayrıca analitik analizler sonucunda mıknatıs kalınlığının artmasıyla, sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun moment değerlerinde artış olduğu görülmüştür. Sonuç olarak yapılan analitik ve nümerik analizlerinden elde edilen manyetik akı yoğunluğu dağılımı, moment, verim ve akım değerleri incelendiğinde, en uygun tasarımın NdFe35 mıknatıs malzemenin kullanıldığı ve mıknatıs kalınlığının da 3mm alındığı model olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada mıknatıs malzemenin türünün, boyutunun ve kalınlığının seçiminin, sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motoru tasarımındaki önemi ortaya konulmuştur. Ancak bu çalışmanın dışında daha farklı mıknatıs veya sac malzeme kullanımı için ya da farklı motor uzunluğu ve hava aralıkları için sabit mıknatıslı fırçasız doğru akım motorunun performansı ve manyetik dağılımları incelenip, en uygun motor modeli belirlenebilir.

## KAYNAKLAR

Abbazadeh(Ph.D) K., Jafari M., (2011). Optimizing Cogging Torque Reduction in Slot Opening Shift Method for BLDC motor by RSM, 2011 2nd Power Electronics, Drive Systems and Technologies Conference, IEEE, (2011).

- Anjana M P, Shinoy K S, Jeena Joy, (2014). Comparative analysis of Surface mounted and tangentially magnetized permanent magnet BLDC motor using Finite Element Method, International Conference on Magnetism, Machines & Drives (AICERA-2014 iCMMD).
- ANSYS RMxprt Online Help, ANSYS Electromagnetics Suite 16.x, (2015). ANSYS Inc.
- ANSYS Maxwell Online Help, Release 18.1, (2017). ANSYS Inc.
- Aptullah İşler, Nezir G. Özçelik, Lale T. Ergene, (2016). Fırçasız Doğru Akım Motorlarında Farklı Mıknatıs Dizilimleri (Different Magnet Configurations in BLDC Motors), 2016 National Conference on Electrical, Electronics and Biomedical Engineering (ELECO), IEEE, (2016).
- Arvind Kumar B., Kamal C., Amudhavalli D., Thyagarajan T., (2018). Reformed Stator Design of BLDC Motor for Cogging Torque Minimization Using Finite Element Analysis, 2018 4th International Conference on Electrical Energy Systems (ICEES), IEEE, (2018).
- Bayındır R., Ocak C., Topaloğlu İ., (2011). Investigation of the Effect of Magnet Thickness on Output Power and Torque of PM BLDC Machines Using Parametric Approach Method, Proceedings of the 2011 International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2011, IEEE, (2011).
- Gündoğar U.Y., (2015). “Çift Uyarımlı Küresel Motorun Manyetik, Yapısal Analizleri Ve Uygulaması”, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, 20-23.
- Hendershot J.R., Miller T.J.E., (1994). Design of brushless Permanent magnet motors. Magna Physics publishing and Clarendon press-Oxford.
- Miller, T.J.E., (1989). Brushless Permanent-Magnet and Reluctance Motor Drives, Oxford University Press, New York, Chapter 1.5.5. – 17.
- Özkan C., Ergene L.T., Polat A., (2015). The Influence of the Pole Asymmetry on the BLDC Motors, 2015 IEEE, (2015).
- Paduszyński Kamil P., Goryca Z., (2018). Relationship Between Asymmetrical Distribution of the Magnets and Cogging Torque of BLDC Motor with External Rotor, 2018 IEEE, (2018).
- Pandya J., Kapil A., (2016). Effect of Magnet Segmentation on Cogging Torque of Radial Flux Permanent Magnet Brushless DC Motor, IEEE 2016, (2016).
- Phyu N.H., (2004). Numerical Analysis of Brushless Permanent Magnet Motor using Coupled Systems. National University of Singapore.
- Sargazi M., Esmaili M., Jafarboland M., Khajavi M., (2014). Effect of pole embrace on the cogging torque and unbalanced magnetic forces of BLDC motors, The 22nd Iranian Conference on Electrical Engineering (ICEE 2014), May 20-22, 2014, Shahid Beheshti University, IEEE, (2014).
- Sensen S., Guangxu Z., Zhaoyan X., Xiaopeng Z., Xiaowei L., Yong W., (2016). A Study on Cogging Torque Reducing Method of BLDC Motors, 2010 International Conference on Electrical Machines and Systems, IEEE, (2016).
- Svoboda J., (2004). Magnetic Techniques for the Treatment of Materials, A.B.D.: Kluwer Academic Publishers.
- Xintong J., Jingwei X., Yong L., and Yongping L., (2009). Theoretical and Simulation Analysis of Influences of Stator Tooth Width on Cogging Torque of BLDC Motors, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 45, NO. 10, OCTOBER 2009, IEEE (2009).

## Design and analysis of steel support structures used in photovoltaic (PV) solar panels (SPs): A case study in Turkey

Cigdem Avci-Karatas

Department of Transportation Engineering, Faculty of Engineering, Yalova University, Yalova,  
77200, Turkey

Corresponding author e-mail: cigdem.karatas@yalova.edu.tr

### Abstract

As one of the most common and imperative contributing factors to clean energy aspect, solar energy takes a significant role around the whole world. Among neighboring countries regarding the energy sources, Turkey has a relatively more potential for solar energy to decrease its energy dependence to the other countries and to increase awareness for sustainable, easily reachable, economical and continuous energy use. In the photovoltaic (PV) solar power plant projects, PV solar panel (SP) support structure is one of the main elements and limited numerical studies exist on PVSP ground mounting steel frames to be a research gap that has not been addressed adequately in the literature. In this paper, aiming to provide a contribution to this gap, a PVSP steel support structure and its key design parameters, calculation method, and finite element analysis (FEA) detailed with a case study on a solar power plant in Turkey are described to obtain actual demand of environmental effect like loads wind, snow, and seismic loads conforming with Turkish codes and standards. FEA is done by using load calculation with creating model in SAP2000 and followed by analysis to determine maximum von Mises stress distribution on the PVSP steel support structure.

**Keywords:** Photovoltaic (PV), Solar Panel (SP), Steel, Support Structure, Structural Design, Finite Element Analysis (FEA)

### 1. Introduction

Solar energy is a hopeful, sustainable, new kind green energy which is never-ending, independent and plentiful. Solar panels (SPs) can be various cross-sections (e.g., square, rectangle) and sizes but their main purpose is to convert the sun light in order to make electricity. Normally, solar power systems can be separated into three used groups like (i) concentrating solar power, (ii) solar-thermal absorbers and (iii) photovoltaic (PV) SPs. PVSPs directly transform solar to electrical energy using semiconductor materials which can produce free electrons utilizing of sunlight energy (Parida *et al.*, 2011). PVSPs have many usage fields, such as solar home systems, PV water pumping, remote building, solar cars and airplanes, satellites and space vehicles, etc (Kalogirou, 2004). Such a wide range of application fields increase demand for PVSPs due to the electrical power generation through PV transformation gives clean, safe and efficient way of supplying energy. The developments of current technology for PVSP field significantly vary, especially for installation methods and mounting locations (e.g., ground, roof, or integrated with the building envelope) affected by wind, snow and seismic loads differently. Experimental and numerical studies have been conducted by several researchers to show the effectiveness of different types SPs. Mihailidis *et al.* (2009) proposed a finite element analysis (FEA) of two different design approaches of SP support structures such as fixed support and adjustable support structure design. Cao *et al.* (2013) performed a wind tunnel experiment to evaluate wind loads on SPs mounted on the flat roofs. Lin *et al.* (2013) proposed a FEA approach to find the structural deformation and misalignment of solar radiation using the effects of self-weight and wind loads. The result shows that this technique was found to be sufficiently reliable to design PV systems. Aly and Bitsuamlak (2013) carried out experimental tests on large civil engineering structure models with geometric scale of 1:500 to 1:100 to produce an aerodynamic model of SP subjected to wind load and mounted on ground. Mathew *et al.* (2013) studied on design and stability analysis of SP support structure made of mild steel. The result shows that the SP support structure can able to sustain a wind load with velocity  $55\text{ms}^{-1}$ . Baetu *et al.* (2013) presented numerical simulations performed in ANSYS for analysis of wind action on SPs located on a flat roof with and without parapets to understand the location of mounting of SP support structure affects the SPs' performance. In recent years, the design of PVSP support system has become the focus of attention with the popularization and increasing application fields.

The PVSPs are typically installed on aluminum or galvanized/ painted/ stainless steel support structures (the ground mounting steel frame). The construction of solar energy systems, mainly steel materials have a favorable custom in structural engineering applications, but the aluminum alloy is increasingly being used due to its characteristics such as lightweight, high strength-to-weight ratio, good corrosion resistance, durability, recyclability properties, high strength similar to steel and excellent formability (e.g., extrusion) (Girard *et al.*, 2016; Drury *et al.*, 2014; Hernandez *et al.*, 2015; Avci-Karatas and Celik, 2017; Avci-Karatas *et al.*, 2018). Wang *et al.* (2018) studied on the actual project case design and optimization of fixed PV support structure using Japanese Industrial Standard based on SAP2000.

It has been observed that PVSP is one of the fastest growing industries in the world. Turkey sits in a favorable status in the middle east and southeast Europe regarding solar energy potential (Dawood, 2016). 7.5TWh was generated in 2018 using solar power which was 2.5% of Turkey's electricity (Ministry of Energy and Natural Resources of Turkey, 2019). Installed PVSP capacity was 5GW, with the energy ministry planning to have another 10GW installed in the 2020s (OECD, 2019). Since the usage of solar energy are more attractive to investors and have recently become the focus of considerable interest, the design of PVSP support structures has merit in structural engineering applications. So far, to knowledge of the author (Avci-Karatas, 2019a; Avci-Karatas *et al.*, 2019b; Avci-Karatas and Celik, 2019c) limited guidance exists to help the engineers to design of PVSP steel support structure using Turkish codes and standards in the current technical literature. This consideration motivated the research presented in this paper to search, design and analysis of PVSP steel support structure under the wind, snow, and seismic loads specified according to Turkish codes and standards to make a contribution to a gap in a relatively recent development in the field of PVSP technology for developers and investors. For this purpose, an example on a PV solar power plant project in Turkey was considered to provide quotative data to describe the results for the currently designed, modeled and analyzed of the PVSP support structures. SAP2000 v14 (2009) software was used in this paper to carry out the design, FEA and research on the bearing capacity of the PV support structure under various load conditions using Turkish codes and standards.

## 2. Description of PVSP Steel Support

When it comes to structural design of support structure for SPs, many different factors should be clearly considered in the design stage of support structure sitting on the ground. The local and site-specific investigation of climate data are important to properly decide on structural design parameters for PVSP steel support structures (Celik and Celik, 2019).

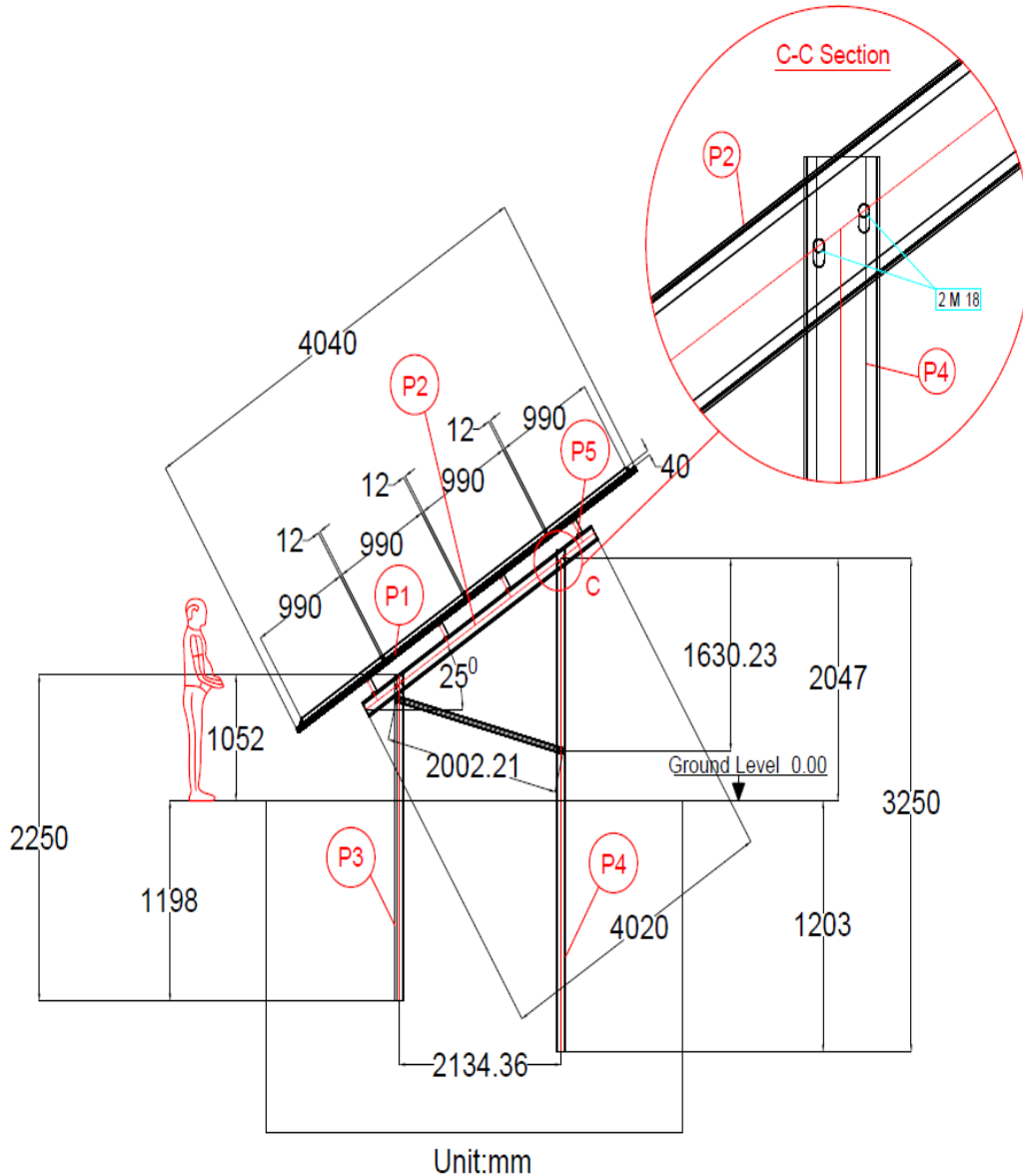
The power plant project with 500kWp total kilowatt-peak capacity is in Siirt province of southeastern Turkey. The system will generate 683,427kWh of solar energy in one year. The mounting angle of PVSPs support is  $\alpha = 25^{\circ}$ . Totally, 44 PVSPs having the size of 1650mmx990mmx40mm are used as 4 rows and 11 columns.

## 3. Materials

With the 4 rows and 11 columns PVSPs, the ground mounting steel frame has five basic bearing members named as “rail” for PVSP mounting, “beam”, column”, “purlin”, and “brace”, respectively. Figure 1 shows the general views of PVSP steel support structure. The basic design parameters and material properties are summarized in Table 1 and Table 2, respectively. The profiles are designated as P1, P2, P3, P4, P5 and P6 for rail, beam, front column, back column, purlin and brace, respectively (Figure 1 and Table 2). The total length and width of PVSP frame are denoted as ( $L$ ) and ( $W_F$ ) in the Table 1.

**Table 1.** The design parameters of PVSP ground mounting steel frame

Parameters	Values
PVSP dimensions (mm)	1650x990x40
PVSP weight (kg)	18.5
Mounting angle of PVSP $\alpha$ (degree)	25 <sup>0</sup>
PVSP average height from the ground (mm)	~1500
Row number of PVSP	4
Column number of PVSP	11
Number and length of rail profiles (mm)	22x4040
Number and total length of beam profiles (mm)	5x4020
Width of frame, $W_F$	2134.36
Number of supported span and total length of frame, $L$ (mm)	4x4537=18148
Total covered area of PVSP, $A_{PVSP}$ (m <sup>2</sup> )	4.040x18.148=73.32
Total height of front/short column (mm)	2250
Total height of back/long column (mm)	3250
Height of front column profiles above ground level (mm)	1052
Height of front column profiles below ground level (mm)	1198
Height of back column profiles above ground level (mm)	2047
Height of back column profiles below ground level (mm)	1203



**Figure 1.** General front elevation view of PVSP ground mounting steel frame

44 PVSPs were installed on the total covered area,  $A_{PVSP}$  which supported on 10 columns. High strength low carbon steels corresponding to the Turkish European Standards TS EN 10279 (2005) was noted as material quality in the design of PVSP steel frame. C-channel size of 125x62.5x25x4mm profiles made of galvanized cold-rolling S235JR (ASTM A283C) and S355JR (ASTM A441) steel material for the column and beam were considered, respectively.

In addition, C-channel size of 100x50x20x4mm and 50x25x5mm profiles made of galvanized cold-rolling S235JR used in purlin and brace sections. For the rails, S235JR type of steel material with a private producing shape was selected. Based on the galvanized cold-rolling steel S235JR that has an ultimate strength,  $\sigma_u$ , 340 – 470N/mm<sup>2</sup>, and yield strength,  $\sigma_a$ , 235N/mm<sup>2</sup>, the allowable stress limit was defined as 144N/mm<sup>2</sup>. The allowed stress limit for S355JR with  $\sigma_u = 470 - 630N/mm^2$ ,  $\sigma_a = 355N/mm^2$ , was specified as 212N/mm<sup>2</sup> for the design calculations. The nominal diameter of metric steel bolts is 18mm (M18) made from grade 8.8 material quality with  $\sigma_u = 800N/mm^2$ ,  $\sigma_a = 640N/mm^2$  according to TS EN 1993-1-8 (1993), and were used in the connection between beam and column. Furthermore, M16-8.8 flange purlin bolts were used in the connection of purlins. M18-8.8 bolts were selected for the connections between column and brace.

**Table 2.** Material and geometrical properties of profiles used in PVSP steel frame

Designation of profiles	Profile name	Profile type	Material grade	<i>h</i> (mm)	<i>b</i> (mm)	<i>t</i> (mm)	Weight (N)
P1	Rail	Private design	S235JR	61	66	2.50	2765
P2	Beam	C-channel 125x62.5x25x4	S355JR	125	62.5	4	8584
P3	Front Column		S235JR				452
P4	Back Column		S235JR				880
P5	Purlin	C-channel 100x50x20x4	S235JR	100	50	4	150
P6	Brace	C-channel 50x25x5	S235JR	50	25	5	193

#### 4. Codes and Standards

The standards used in the PVSPs steel structure project are the specification for buildings to be built in seismic zones (Turkey Earthquake Codes (TEC), 2007) (here named as Earthquake Regulation-2007) to find earthquake strength, TS 498 (1997) for the calculation values of wind and snow loads. 2019 Building Earthquake Code of Turkey has improved the previous version published in 2007 by expanding its coverage. Note that Earthquake Regulation-2007 was used here, as this study preceded the publication of the latest earthquake document of 2019 Building Earthquake Code of Turkey. Turkish steel design code TS 648 (1982) was used for the calculation and construction rules of steel structure. The principles of design of buildings, material intensity taken from TS ISO 9194 (1997). According to the used standards for design of PVSP support structure, combined with the basic parameters of the project, the typical dead load (*D*), wind load (*W*), snow load (*S*), and seismic load (*E*) of PVSP support structure were determined and presented in the subsequent sections.

#### 5. Determining Design Loads and Load Combinations

The load of PVSP consisted of two parts such as (i) the dead load (*D*) included the weight of total PVSP ( $D_1$ ), rail weight ( $D_2$ ), beam ( $D_3$ ), purlin ( $D_4$ ), bolts ( $D_5$ ), columns above ground level ( $D_6$ ) (ii) the live load included wind load (*W*), snow load (*S*), and seismic load (*E*). The design loads and load combinations were explained in this section.

##### 5.1. Determination of Wind Loads (*W*)

The procedures for TS 498 (TS 498-Chapter 11 – Wind Load Calculations) wind load procedure is briefly described below. Quantity of equivalent wind load is an area load which changes according to height of the structure. The design wind pressure loads  $q_b$  amounts are defined as  $0.8q_b$  for pushing and  $0.4q_b$  for suction. The wind creates  $1.2q_b$  load on the top of structure in opposite direction of gravity if the angle of the roof with the horizontal plane is zero. Effective wind velocity,  $v_b$ , proposed by TS 498, is obtained as  $38.9m/s$ . The PVSP is placed at an average height of  $1.5m$  from the ground level. The air density,  $\rho$  is determined as  $1.25kg/m^3$ . As per TS 498 in Section 11.3, the design wind pressure can be obtained by using Eq. (1). The wind pressure coefficients incidence on top PVSP frame with the mounting angle,  $\alpha = 25^\circ$  are calculated and tabulated in Table 3.

$$q_b = \frac{1}{2} \rho v_b^2 \quad (1)$$



**Table 3.** Design wind pressure coefficients and wind loads on PVSP frame

Wind pushing/suction effect of PVSP	$q_b$ (N/m <sup>2</sup> )
$(1.2\text{Sin}\alpha-0.4)q_b$	101
$-0.4q_b$	-378
$0.8q_b$	756

### 5.2. Determination of Snow Loads (S)

Snowfall is unequally distributed in Turkey. Some regions should be adaptable to an additional challenge, namely the large masses of snowfall. The snow loading depends on the snow load zone, where the PVSP system will be installed. Due to the settling of snow on the panels, the solar modules and the mounting system can be highly loaded. The standard TS 498 (1999) (Chapter 7 – Snow Load Calculations) and TS EN 1991-1-3 (2007) include the methods of calculation for the snow load. Also, the calculation formulas for the snow load on pitched roofs are found in these standards. According to TS 498, the design ground snow load,  $P_{k0}$ , depends on the geographical location and the altitude of the site being considered. Due to the site of PV power plant is located on the land in Siirt province of south-eastern Turkey, design ground snow load at this site is taken as Zone II as per TS 498. The height of power plant site is accepted as 1325m above sea level. Additionally, in TS 498, the design roof snow load is calculated as the product of the design ground snow load and a conversion factor that depends on the roof slope. The snow loads applied vertically on the top of PVSP and the design ground snow load,  $P_{k0}$  is obtained as 880N/m<sup>2</sup>. This load was uniformly distributed on the whole roof structure.

### 5.3. Determination of Seismic Loads (E)

Earthquake Regulation-2019 has improved the previous version published in 2007 by expanding its coverage. Note that Earthquake Regulation-2007 was used here, as this study preceded the publication of the latest earthquake document of Earthquake Regulation-2019. There are no differences between these two versions of Earthquake Regulation standards for earthquake zonation map of Siirt province. The earthquake hazard of Siirt province is considered in the first seismic zone. Determination of the local site soil conditions of PVSP support to be constructed based on the soil investigations was determined primarily in accordance with the rules and requirements of Earthquake regulation-2007. Z1 local site class for Siirt province was defined in accordance with the definition in Earthquake Regulation-2007. The building natural vibration period,  $T$  was obtained for the first mode shape as 0.178055sec from SAP2000. The spectral acceleration coefficient,  $A(T)$ , which shall be considered as the basis for the determination of seismic loads is given by Eq. (2). The spectrum coefficient,  $S(T)$ , seeming in Eq. (2) can be determined by Eq. (3), based on the local site conditions.

$$A(T) = A_0 \cdot I \cdot S(T) \quad (2)$$

$$S(T) = 1 + 1.5 \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$S(T) = 2.5 \quad (T_A \leq T \leq T_B) \quad (3)$$

$$S(T) = 2.5 \left( \frac{T_B}{T} \right)^{0.8} \quad (T_B < T)$$

Here, since the spectrum characteristic periods,  $T_A$  and  $T_B$  are specified depending on Z1 local site classes as  $T_A = 0.10\text{sec}$  and  $T_B = 0.3\text{sec}$ ,  $S(T)$  is determined as 2.5 using by Eq. (3). The effective ground acceleration coefficient,  $A_0$ , visible in Eq. (2) is defined as 0.40 for the first seismic zone. The building importance factor,  $I$  is

specified as 1 assuming PVSP support structure like as industrial structure. By using these parameters,  $A(T)$  is calculated as 1. The elastic seismic loads to be determined in terms of spectral acceleration coefficient defined in Eq. (2) can be divided to below defined seismic load reduction factor to account for. Seismic load reduction factor,  $R_a$  is determined by Eq. (4) in terms of structural system behavior factor,  $R$  for various structural systems, and  $T$ . Since  $T$  in the project is less than  $T_A$ ,  $R_a(T) = R$  is taken as 4.

$$R_a(T) = 1.5 + (R - 1.5) \frac{T}{T_A} \quad (0 \leq T \leq T_A)$$

$$R_a(T) = R \quad (T_A < T)$$
(4)

#### 5.4. Design load combinations

In structural engineering practice, individual structural members are designed for the critical scenarios. Conventionally such critical scenarios are identified using structural analysis for different load combinations. Conventionally dead, live, earthquake and wind loads are the primary load types used to analyze a structure for various parameters. Further, combining load combinations and load patterns requires the engineer to do multiple iterations of structural analyses in order to capture the critical scenario. In fact, for simplicity standard structural engineering codes of practice have suggested several critical load patterns. Load combinations specified by TS 648 and Earthquake Regulation-2007 in Section 2.7.5 are tabulated in Table 4.

#### 6. Analysis Method

The method to be used here for the seismic FEA of PVSP steel support structure by using SAP2000 v14 (2009) is equivalent seismic load method as described in Earthquake Regulation-2007. The analysis method can use for the PVSP support structure due to the height of frame is less than 40m. The distributed equivalent load is applied at the mass center of PVSP support structure. Firstly, for the specification of total equivalent earthquake loads, the total structure weights,  $W_T$  is calculated. Secondly, total equivalent seismic load (base shear),  $V_t$ , effective on the whole structure is specified by Eq. (5). This load is assigned to the mass center. The value of acceleration due to gravity, denoted  $g$ , is  $g = 9.81m/s^2$ . Here, total structure weight,  $W_T$  given in Eq. (5) is summarized in Table 5 and  $V_t$  is calculated using Eq. (5) as 21191.09N.

$$V_t = \frac{W_T A(T_1)}{R_a(T_1)} \geq 0.10 A_0 I W$$
(5)

**Table 4.** Classification of load combinations

Load condition		Load combinations
Long-term	The usual	D+0.7S
Short-term	Snow	D+S
	Wind	D+S+W
		D+S-W
		0.9D+W
		0.9D-W
		Earthquake
	D+S-E	
	0.9D+E	

		0.9D-E
--	--	--------

**Table 5.** Total structure weight,  $W_T$

Definition of weights	Designated load cases	$W_T$ (N)
Total weight of PVSP	$D_1$	$18.5 \times 4 \times 11 \times 9.81 = 7985.34$
Total weight of top frame (rail+beam+purlin+bolt)	$D_2+D_3+D_4+D_5$	$2765+8584+150+425=11924$
Total weight per a column (front and back) above ground level	$D_6$	$(452+880)/4=333$
Snow weight on $A_{PVSP}$	S	$880 \times 73.32 = 64522$
<b>Total structure weight</b>		<b><math>\Sigma W_T = 84764.34</math></b>

The rules for dimensioning of the frames with normal ductility level are given in Earthquake Regulation-2007. Each load bearing members' section should be checked for local buckling which is defined as a slenderness ratio of the width to flange thickness in C-channel sections by considering the ductility level in the design. In this paper, the requirement for a compact C-channel sections were fulfilled by all frame' sections for the normal ductility level, because the upper limit values given in Eq. (6) and Eq. (7) as below were satisfied, where  $b$  and  $t$  are the width and thickness of C-channel section (see in Table 2), and  $E_s$  is the elasticity modulus of the steel material considered as  $210GPa$ .

$$\frac{b}{2t} \leq 0.4\sqrt{(E_s/\sigma_a)} \quad (6)$$

$$\frac{h}{t} \leq 4.0\sqrt{(E_s/\sigma_a)} \quad (7)$$

## 7. Evaluation of Results

The model was designed for the critical scenarios to obtain the resulting von Mises stress distributions on the structure which obtained from SAP2000. It was observed that the maximum von Mises stresses  $\sigma_{max}$  was obtained as  $210.5N/mm^2 < 212N/mm^2$  for steel material of S355JR and  $114N/mm^2 < 144N/mm^2$  for steel material of S235JR which fulfilled the strength requirements for beam and column with the appropriate structure safety. According to the force analysis results of the model in SAP2000, the maximum axial force obtained among the columns of 10 was  $11670.44N$  as seen in Figure 3. This value was used as the maximum shear force to check the strength of bolts. As mentioned before, 2M18 steel bolts used in each connection between column and beam were designed per the TS EN 1993-1-8 (1993). The strength of frame and bolts were controlled, and it fulfilled the requirements for the PVSP steel support structure.

## 8. Conclusions

The purpose of this paper is to discuss the structural design of PV systems for wind, snow, earthquake loads in the Turkey, and provide guidance using current Turkish codes as appropriate. Codes and standards thereon provide a key source representing the state-of-the-art information on a given aspect of engineering discipline enabling the extension of knowhow, based on research and experience, into practice. In view of the increasingly improved database on PVSPs is great help to a designer. This paper has been developed for this purpose. With the introduction of the PV solar power plant, potential design principles used for calculating wind, snow and earthquake loads for PV systems in the Turkey is provided.

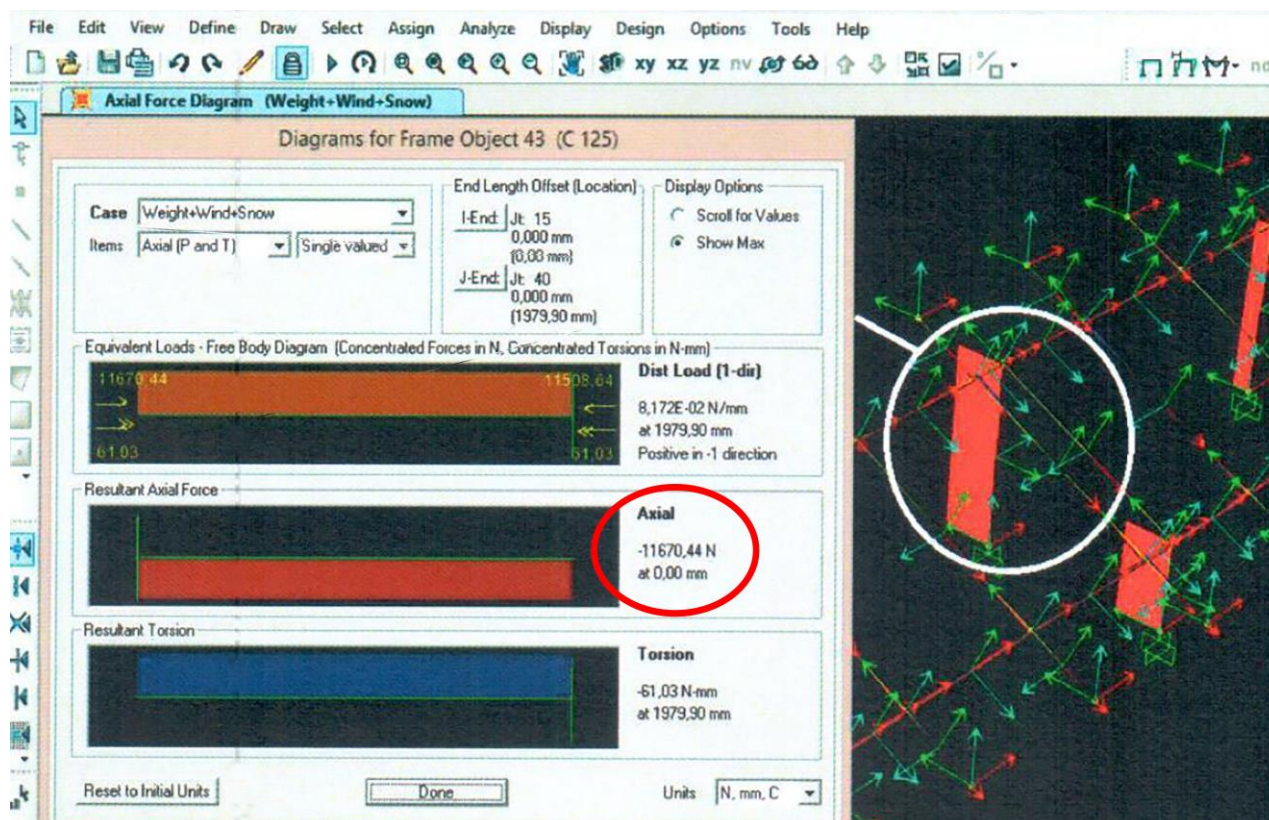


Figure 3. The maximum axial force to check bolts

## References

- Aly A. M. and Bitsuamlak, G., 2013. Aerodynamics of Ground-Mounted Solar Panels: Test Model Scale Effects. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Part A*, 123, 250-260. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2013.07.007>.
- Avci-Karatas, C. and Celik, O.C., 2017. Design, Fabrication, and Cyclic Behavior of Aluminum Alloy Core Buckling Restrained Braces (BRBs). *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences (PAJES)*, 23(6), 659-670, <https://doi.org/10.5505/pajes.2016.58751>. (in Turkish).
- Avci-Karatas, C., Celik, O.C. and Yalcin C. 2018. Experimental Investigation of Aluminum Alloy and Steel Core Buckling Restrained Braces (BRBs). *International Journal of Steel Structures-Springer*, 18(2), 650-673. <https://doi.org/10.1007/s13296-018-0025-y>.
- Avci-Karatas, C. 2019a. Prediction of Ultimate Load Capacity of Concrete-Filled Steel Tube Columns Using Multivariate Adaptive Regression Splines (MARS). *International Journal of Steel & Composite Structures. Techno Press*. 33(4), 583-594. <https://doi.org/10.12989/scs.2019.33.4.583>.
- Avci-Karatas, C., Celik, O.C. and Eruslu, S.O. 2019b. Modeling of Buckling Restrained Braces (BRBs) Using Full-Scale Experimental Data. *KSCE-Journal of Civil Engineering-Springer*, 23(10), 4431-4444. <https://doi.org/10.1007/s12205-019-2430-y>.
- Avci-Karatas, C. and Celik, O.C. 2019c. Çelik Çekirdekli Burkulması Önlenmiş Çaprazların (BÖÇ) Tasarımı, Üretimi ve Deneysel İncelenmesi. *Teknik Dergi*, 30(1), 8861-8886. <https://doi.org/10.18400/tekderg.309415>. (in Turkish).
- Baetu, G., Teleman, C.E., Axinte, E. and Rosca V.E. 2013. Numerical Simulation of Wind Action on a Solar Panels Array for Different Wind Directions. *Buletinul Institutului Politehnic Din Iasi, Publicat de Universitateatehnica Gheorghe Asachi, Din Iasi Tomul LIX (LXIII), Fasc. 4*.
- Girard, A., Gago, E.J., Ordonez, J. and Muneer, T. 2016. Spain's Energy Outlook: A Review of PV Potential and Energy Export. *Renewable Energy*, 86, 703-715.
- Cao, J., Yoshida, A., Saha, P.K. and Tamura, Y. 2013. Wind Loading Characteristics of Solar Arrays Mounted on Flat Roofs. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics. Part A*, 123, 214-225. <https://doi.org/10.1016/j.jweia.2013.08.014>.
- Celik, G. and Celik, O. 2019. A Case Study of Structural Failure of Mounting Systems for Solar Panels from South-Eastern Turkey: An Investigation of Design Parameters Under Extreme Weather Events. *International Journal of Engineering Science Invention (IJESI)*, 8(1), 2319-6726.

- CSI SAP 2000. 2009. User's manual, version 14. Berkeley: Computer and Structures Inc.
- Dawood, K. 2016. Hybrid Wind-Solar Reliable Solution for Turkey to Meet Electric Demand. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 4(2), 62-66. <https://doi:10.17694/bajece.06954.2016.09.01>.
- Drury, E., Lopez, A., Denholm, P. and Margolis, R. 2014. Relative Performance of Tracking Versus Fixed Tilt Photovoltaic Systems in the USA. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 22(12), 1302-1315. <https://doi.org/10.1002/pip.2373>.
- Hernandez, R.R., Hoffacker, M.K. and Murphy-Mariscal, M.L. 2015. Solar Energy Development Impacts on Land Cover Change and Protected Areas. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(44), 13579-13584. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517656112>.
- Kalogirou S.A. 2004. Solar Thermal Collectors and Applications. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(3), 231-295.
- Lin, C.K., Dai, C.Y. and Wu, J.C. 2013. Analysis of Structural Deformation and Deformation-Induced Solar Radiation Misalignment in a Tracking Photovoltaic System. *Renewable Energy*, 59, 65-74. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2013.03.031>.
- Mathew, A., Biju, B., Mathews, N. and Pathapadu, V. 2013. Design and Stability Analysis of Solar Panel Supporting Structure Subjected to Wind Force. *International Journal of Engineering Research and Technology (IJERT)*, 2(12), 559- 565.
- Mihailidis, A., Panagiotidis, K. and Agouridas K. 2009. Analysis of Solar Panel Support Structures. 3rd ANSA and  $\mu$ ETA International Conference, Greece.
- OECD. 2019. OECD Environmental Performance Reviews: Turkey 2019, OECD Environmental Performance Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264309753-en>.
- Parida B, Iniyar S. and Goic R. 2011. A Review of Solar Photovoltaic Technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3):1625-1636.
- Solar. Ministry of Energy and Natural Resources (Turkey). Retrieved 19 February 2019. <https://www.enerji.gov.tr/en-US/Pages/Solar>. Accessed 10.12.2019.
- Turkey Earthquake Codes (TEC). 2007. Specification for Buildings to be Built in Seismic Zones, Ministry of Public Works and Settlement Government of Republic of Turkey, Turkey.
- TS 648. 1982. (TSE). Building Code for Steel Structures. TSE Turkish Standards Institution, Ankara, Turkey.
- TS EN 1993-1-8. 1993. Eurocode 3: Design of Steel Structures - Part 1-8: Design of Joints. TSE Turkish Standards Institution; Ankara, Turkey.
- TS 498. 1997. Design Loads for Buildings. TSE Turkish Standards Institution, Ankara, Turkey.
- TS ISO 9194. 1997. Bases for Design of Structures; Actions Due To the Self-Weight of Structures, Non-Structural Elements and Stored Materials; Density. TSE Turkish Standards Institution. Ankara, Turkey.
- TS EN 10279. 2005. Hot Rolled Steel Channels- Tolerances on Shape, Dimensions and Mass. TSE Turkish Standards Institution; Ankara, Turkey.
- TS EN 1991-1-3. 2007. Eurocode 1 - Actions on Structures - Part 1-3: General Actions - Snow loads. TSE Turkish Standards Institution; Ankara, Turkey.
- Wang X., Ji, G., Gu, H., Lv, S., Ni, H., Wang, P., Chen, K. and Meng, Y. 2018. Research and Design of Fixed Photovoltaic Support Structure Based on Sap2000. *MATEC Web of Conference (ICMAA-2018)*, 166, 03002. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201816603002>.

## Farklı boşluk tipine sahip soğuk şekillendirilmiş çelik kirişlerin çarpık burkulması

Mitat Öztürk\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4685-7088>), Gökhan Yücel (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2675-4607>),

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Osmaniye, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: mitatozturk@osmaniye.edu.tr

### Özet

Boşluklu soğuk şekillendirilmiş çelik kirişler düşük ve orta katlı yapılarda yapısal eleman olarak kullanılmaktadır. Bu kirişler eğilmeye veya basınca maruz kaldıklarında yerel, global ve çarpık burkulma modalarına bağlı stabilite problemleri oluşabilmektedir. Bu kirişlerde oluşan çarpık burkulma göçme kriterinin oluşmasına etki etmektedir. Bu çalışmada C kesitli 6 farklı boşluk tipine sahip ve 5 farklı uzunlukta soğuk şekillendirilmiş çelik kirişlerin çarpık burkulması doğrusal burkulma analizleri ile araştırılmıştır. Sayısal analizler ABAQUS sonlu elemanlar yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Saf eğilme etkisi altındaki farklı boşluk tipine sahip kirişler kritik çarpık burkulma momenti bakımından kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar kritik çarpık burkulma momentinin kirişin sahip olduğu boşluk tipine ve kiriş uzunluğuna göre değiştiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Soğuk şekillendirilmiş çelik, Boşluklu kiriş, Çarpık burkulma, Sonlu elemanlar

### Distortional buckling of cold-formed steel beams with different hole types

#### Abstract

Perforated cold-formed steel beams are used as structural elements in low and mid-rise buildings. When these beams are subjected to bending or pressure, stability problems may occur due to local, global, and distorted buckling modes. The distorted buckling of these beams affects the occurrence of the failure criteria. In this study, the distortional buckling of C-section cold-formed steel beams for 6 different hole types and 5 different lengths was investigated by linear buckling analysis. Numerical analyses were performed using ABAQUS finite element software. Beams with different hole types under pure bending were compared in terms of the critical distortional buckling moment. The results show that the critical distortional buckling moment varies according to the type of gap and beam length.

**Keywords:** Cold-formed steel, Perforated beam, Distortional buckling, Finite element

### GİRİŞ

Boşluklu soğuk şekillendirilmiş çelik (BSSÇ) elemanlar düşük ve orta katlı yapılarda kolon ve kiriş elemanı olarak ve depolama rafı yapımında yapısal eleman olarak kullanılmaktadır (Moen ve Schafer, 2009). Yapılarda yapısal eleman olarak kullanımında elektrik, su ve ısıtma-soğutma için kullanılan boruların geçişinde kolaylık sağlamaktadır (Yuan ve ark., 2017), (Yu ve ark., 2019). Boşluklu kirişlerin sehimlerinin düşük olması, boya giderlerinin az olması, yapı ağırlığını düşürmesi, düşük maliyet, estetik görünüş gibi birçok avantajı vardır (Çelik, 2017), (Erdal, 2016). BSSÇ daha çok maliyeti en aza indirmek için mukavemet yoğunluk oranına sahip ince duvarlı olarak kullanılmaktadır (Niu ve ark., 2014). Boşluklu kirişlerin boşluk tipleri dairesel, altıgen, sinüsoidal, dörtgen vb. geometride olabilmektedir (Nawar, 2020). BSSÇ kesitleri eğilmeye veya basınca maruz kaldıklarında yerel, çarpık ve global burkulma modları oluşabilmektedir (Moen ve Schafer, 2009), (Yuan ve ark., 2017). BSSÇ kirişler çarpık burkulmaya karşı hassastırlar (Yu ve ark., 2020). Bu nedenle farklı boşluk tiplerine sahip BSSÇ kirişlerin çarpık burkulma bakımından incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada farklı boşluk tipine sahip C kesitli BSSÇ kirişlerin çarpık burkulmaları sayısal olarak araştırılmıştır. Boşluk tipinin ve kiriş uzunluğunun kritik çarpık burkulma yüküne olan etkileri yorumlanmıştır.

## MATERYAL VE METOD

### Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Doğrusal Burkulma Analizi

Basınç yükleri altında bir yapıda belirli bir yük seviyesinde stabilite problemi olan burkulma oluşur. Yapıda oluşan yük seviyelerine bağlı ortaya çıkan gerilmeler yapı malzemesinin dayanım limitlerinin çok altında olabilir. Bu nedenle özellikle basınca çalışan kolonlarda veya eğilmeye çalışan kiriş elemanlarda burkulma analizleri yapılmaktadır. Sonlu elemanlar yöntemi ile doğrusal burkulma analizi bir özdeğer problemidir ve yapının kritik burkulma yükünü hesaplamak için kullanılmaktadır. Yapılar, bu kritik burkulma yüküne ulaşıncaya kadar rijit davranış sergilerler. Burkulma yüküne ulaşıldığında ise ani eğilme davranışı ile birlikte yüksek rijitlik kaybı ortaya çıkmaktadır. Her ne kadar geçmeden önce oluşan bu tepki doğrusal olmasa da genel bir özdeğer burkulma analizi ile geçme modu ve bu moda karşılık gelen kritik burkulma yükü tahmin edilebilir (Ellobody ve ark., 2013).

Özdeğer burkulma probleminde, modelin rijitlik matrisinin tekil olduğu duruma karşılık gelen yükler belirlenir. Böylece Denklem (1) ile verilen ifadenin aşikâr olmayan çözümü vardır.

$$K^{MN} v^M = 0 \quad \left( \begin{array}{c} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{array} \right)$$

Burada  $K^{MN}$  yükleme uygulandığındaki tanjant rijitlik matrisini ve  $v^M$  aşikâr olmayan deplasman çözümünü ifade etmektedir. Özdeğer burkulma analizinde artımsal bir yükleme tanımlanır. Denklem (2)'de verilen özdeğer hesabı ile elde edilen yük faktörü ile büyütüldüğünden, tanımlanan bu artımsal yüklemenin büyüklüğü önemli değildir.

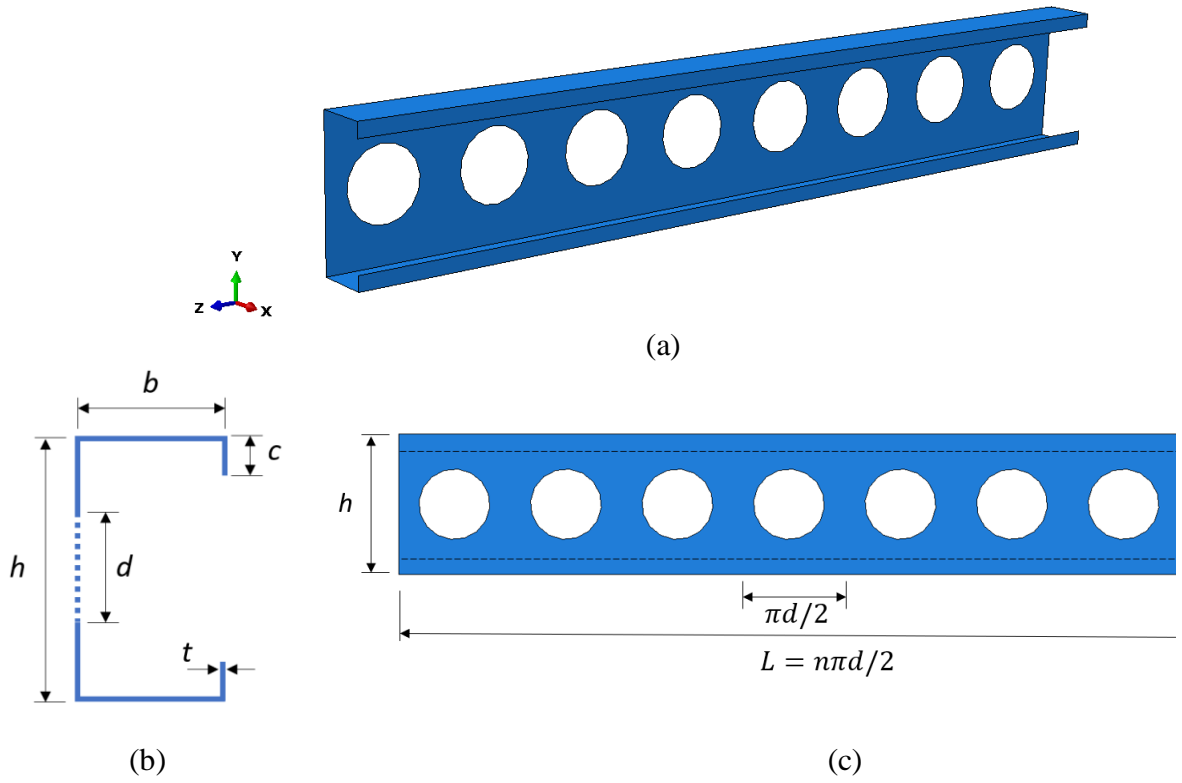
$$(K_0^{NM} + \lambda_i K_\Delta^{NM}) v_i^M = 0 \quad \left( \begin{array}{c} 2 \\ \vdots \\ 2 \end{array} \right)$$

$K_0^{NM}$  başlangıç durumuna karşılık gelen rijitlik matrisini (genellikle sıfırdır),  $K_\Delta^{NM}$  artımsal yüklemeye bağlı oluşan başlangıç gerilme ve yük rijitlik matrisini,  $\lambda_i$  özdeğerleri,  $v_i^M$  özvektörleri,  $M$  ve  $N$  modelin serbestlik derecelerini ve  $i$  mod numarasını temsil etmektedir. Burkulma mod şekillerini oluşturan  $v_i^M$  maksimum deplasman 1 olacak şekilde normalize edilmiş vektörlerdir. Dolayısıyla burkulma anındaki gerçek deplasmanlar değildir (Abaqus theory guide, 2019).

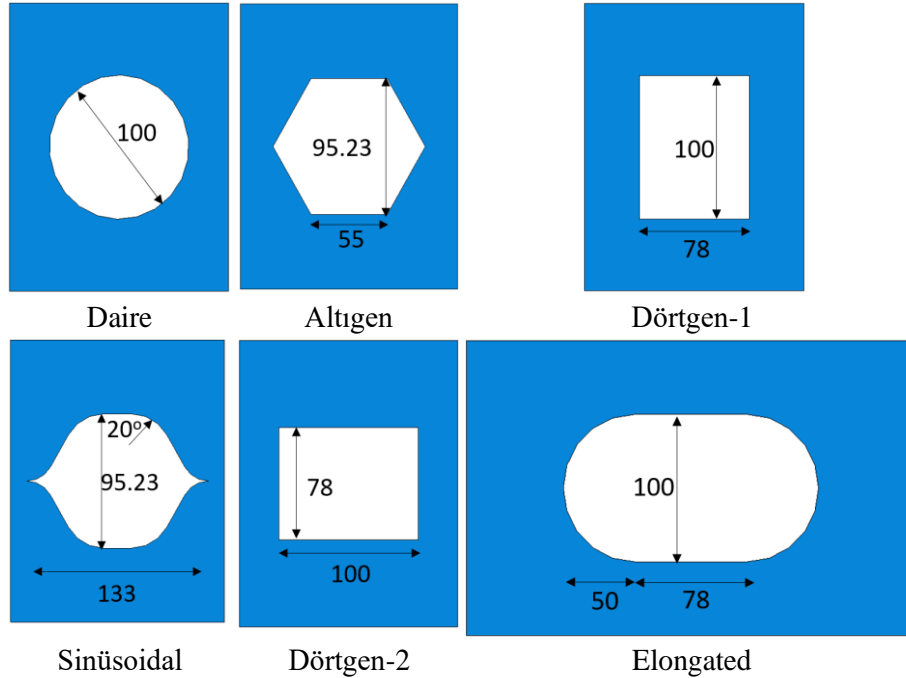
### Sayısal Modelleme

Sonlu elemanlar analizleri ABAQUS, 2019 programında gerçekleştirilmiştir. Uygulanan analiz türü bir önceki alt başlıkta açıklanmıştır. Modelin geometrisini temsil eden parametreler ve şerit yaklaşımı gösterimi Şekil 1'de verilmiştir. Bu şerit yaklaşımına göre kiriş uzunluğu belirlenmiş olup birim şerit uzunluk değeri boşluk derinliği ile ilişkilendirilmiştir (Şekil 1c). Kesit derinliği, flanş kalınlığı, lip uzunluğu, boşluk derinliği ve levha kalınlığı Şekil 1b'de sırasıyla  $h$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  ve  $t$  ile gösterilmiştir. Bütün kirişlerde aynı kesit geometrisi kullanılmış olup  $h=200$  mm,  $b=70$  mm,  $c=20$  mm ve  $t=2.5$  mm'dir.

Farklı boşluk türleri için birim şeritteki boşluk alanı sabit olacak şekilde boşluk geometrisi boyutları belirlenmiştir. Çapı 100 mm olan daire referans alınarak sabit boşluk alanı  $7800 \text{ mm}^2$  olarak modellenmiştir. Boşluk geometrileri, boşluk ölçüleri ve boşluk isimleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. BSSÇ kiriş (a) izometrik görünüm (b) kesit görünümü (c) ön görünüm

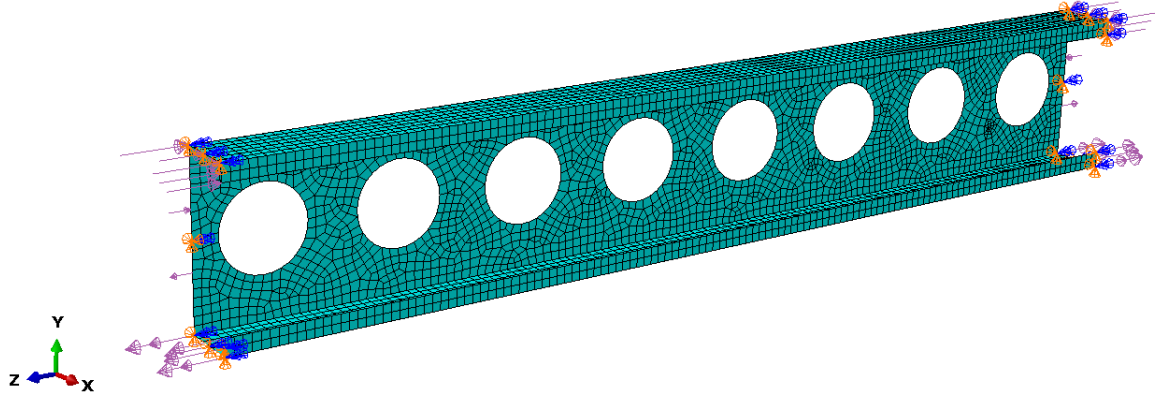


Şekil 2. Boşluk geometrileri ve ölçüleri

Sekiz adet birim şeride sahip dairesel boşluklu bir BSSÇ kirişinin sayısal modeline ait mesh görünümü, yükleme ve sınır koşulları Şekil 3'te gösterilmiştir. Yükleme, iki ucu basit mesnet ve asal eksenini etrafında saf eğilme etkisi altında olduğu kabulü ile oluşturulmuştur. Kirişin her iki ucundaki düğüm noktalarında yanal, enine ve burulma doğrultusundaki ötelenmeler sabitlenmiştir. Rijit ötelenme davranışını engellemek için kirişin bir ucundaki orta noktaya kiriş eksenini doğrultusunda mesnet tanımlanmıştır. Kiriş uçlarındaki eğilme



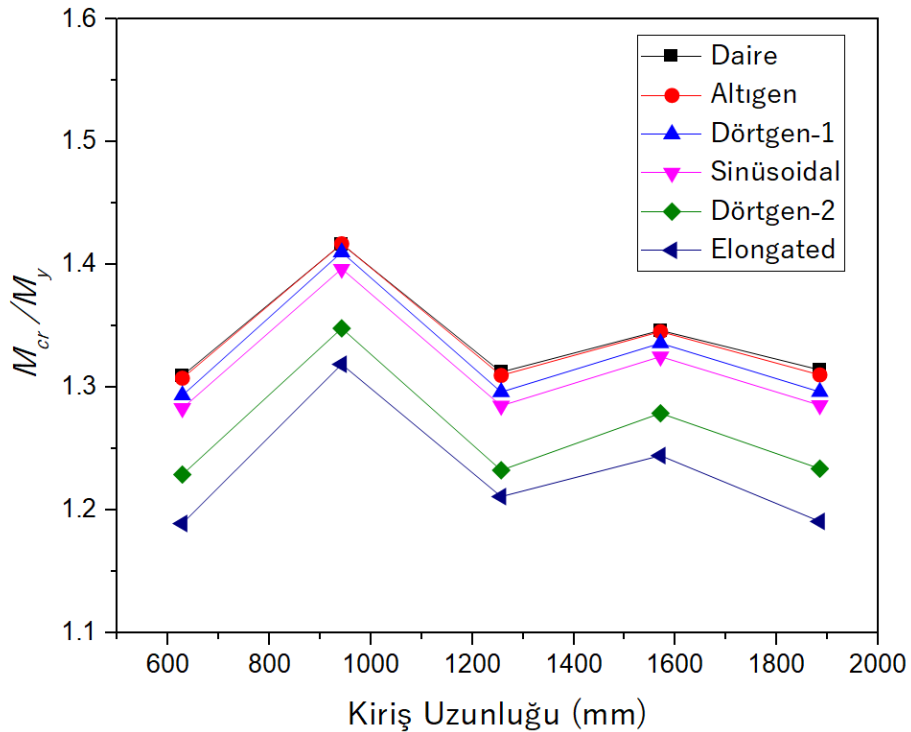
momenti etkileri çizgisel yayılı kuvvetler ile tanımlanmıştır (Şekil 3). Modelde elastisite modülü (E) ve Poisson oranı ( $\nu$ ) için sırasıyla 210 GPa ve 0.3 değerleri atanmıştır. Hesaplarda akma dayanımı değeri 390 MPa olarak kabul edilmiştir. Sonlu eleman ağı boyutu yakınsaklık analizi ile 10 mm olarak tayin edilmiştir.



Şekil 3. Sonlu elemanlar modeli mesh görünümü, yükleme ve sınır koşulları

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı boşluk tiplerine sahip BSSÇ kirişlerin farklı kiriş uzunluklarına bağlı kritik çarpık burkulma momenti değerleri Şekil 4'te verilmiştir.

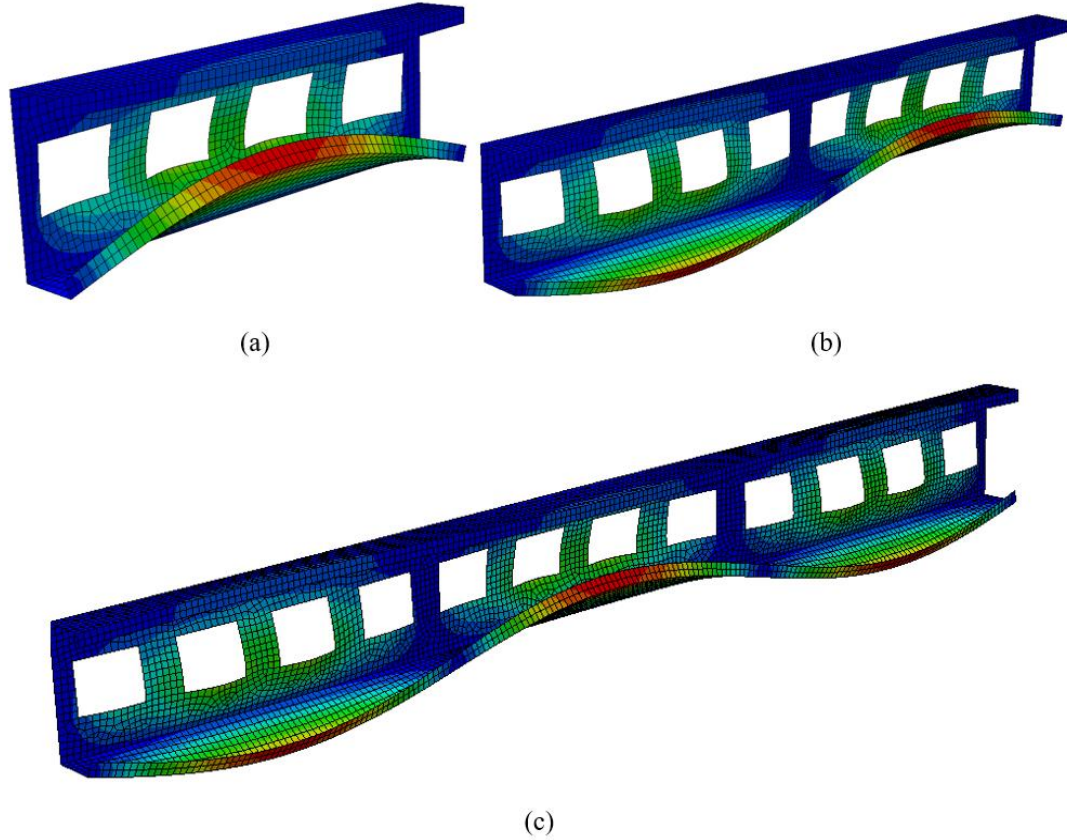


Şekil 4. BSSÇ kirişlerin çarpık burkulma eğrileri

Şekil 4 incelendiğinde kiriş uzunluğunun artması ile kritik çarpık burkulma momenti arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır. En yüksek kritik çarpık burkulma değerleri her uzunluk için en iyi dairesel boşluk türüne sahip BSSÇ kirişlerde oluşmaktadır. Dairesel boşluk tipine sahip BSSÇ kirişlerin kritik çarpık burkulma momenti değerine en yakın değerleri veren kirişler sırasıyla altıgen, dörtgen-1 ve sinüsoidal boşluk tipine sahip BSSÇ kirişlerdir. Kiriş uzunluğu boyunca boşluk miktarının kesintisiz devam etmesi kritik çarpık burkulma momentini azaltmıştır. Bu nedenle dörtgen-2 boşluk tipine sahip BSSÇ kirişlerin kritik çarpık burkulma momenti dörtgen-1 boşluk tipine sahip BSSÇ kirişlerinkine kıyasla daha düşük çıkmıştır. Boşluk

miktarının en çok kesintisiz devam ettiği boşluk tipi ise elongated boşluk tipidir. Bu nedenle elongated boşluk tipine sahip BSSÇ kirişlerin kritik burkulma momenti en düşük çıkmıştır.

Çarpık burkulma modları kiriş uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir. Dörtgen-2 boşluk tipine sahip BSSÇ kirişin 3 farklı uzunluğa ait çarpık burkulma modları Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Dörtgen-2 boşluk tipine sahip BSSÇ kirişlerin burkulma modları (a)  $L=628$  mm uzunluğunda kiriş (b)  $L=1256$  mm uzunluğunda kiriş (c)  $L=1885$  mm uzunluğunda kiriş

## SONUÇ

Bu çalışmada aynı boşluk oranına ve farklı boşluk tipine sahip C kesitli BSSÇ kirişlerin çarpık burkulması sayısal olarak araştırılmıştır. Kiriş uzunluğunun artması ile kritik çarpık burkulma momenti arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu bulunmuştur. Boşluk miktarının kiriş uzunluğu boyunca kesintisiz devam etmesi kritik çarpık burkulma momentini azaltmıştır. Kritik çarpık burkulma momenti bakımından en iyi sonuçları dairesel boşluk tipine sahip BSSÇ kirişler verirken en kötü sonuçları elongated boşluk tipine sahip BSSÇ kirişler vermiştir.

## KAYNAKLAR

Abaqus 2019. Theory guide: Dassault Systèmes.

Çelik E 2017. Evrimsel ve topoloji optimizasyon yöntemi ile eğilmeye çalışılan boşluklu kirişlerin boyut analizi. Prog. Phys. Geogr. 14: 450. Available at: <https://doi.org/10.1177/0309133309346882>.

Ellobody E, Feng R, Young B 2013. Finite element analysis and design of metal structures. Elsevier.

Erdal F 2016. Sinüsoidal boşluklu gövde yüksekliği artırılmış çelik kirişlerin optimum boyutlandırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 16: 50-58

Moen CD, Schafer BW 2009. Elastic buckling of cold-formed steel columns and beams with holes. Eng. Struct. 31: 2812–2824. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2009.07.007>.

Nawar MT, Arafa IT, Elhosseiny O 2020. Numerical investigation on effective spans ranges of perforated steel

- beams. *Structures*. 25: 398–410. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.03.026>.
- Niu S, Rasmussen KJR, Fan F 2014. Distortional-global interaction buckling of stainless steel C-beams: Part i- Experimental investigation, *J. Constr. Steel Res.* 96: 127–139. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.jcsr.2014.01.007>.
- Yuan W, Yu N, Li L 2017. Distortional buckling of perforated cold-formed steel channel-section beams with circular holes in web. *Int. J. Mech. Sci.* 126: 255–260. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2017.04.001>.
- Yu N, Kim B, Li L, Hong W, Yuan W 2020. Distortional buckling of perforated cold-formed steel beams subject to uniformly distributed transverse loads. *Thin-Walled Struct.* 148: 106569. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2019.106569>.
- Yu N, Kim B, Yuan W, Li L, Yu F 2019. An analytical solution of distortional buckling resistance of cold-formed steel channel-section beams with web openings. *Thin-Walled Struct.* 135: 446–452. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tws.2018.11.012>.

## Reflected field by an offset-fed parabolic perfectly electric conducting reflector

Mustafa Kara (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3793-6828>)

Ordu University, TBMYO, Electronics and Automation Department, Ordu, Türkiye.

Corresponding author e-mail: [mustafa.kara@odu.edu.tr](mailto:mustafa.kara@odu.edu.tr)

### Abstract

Reflected field of a line source diffracted by a cylindrical parabolic Perfectly Electric Conducting (PEC) reflector antenna is investigated by employing the scattering integral of the Modified Theory of Physical Optics (MTPO) method. The reflector that is symmetrically located with respect to x-axis is offset-fed by a line source. The line source is lying parallel to the z-axis and it is not located on the focus of the reflector. Reflected field is evaluated asymptotically by using the Stationary Phase Point Method. The obtained reflected field is numerically plotted by means of Matlab for some parameters of the observation and source distances to the origin, and location angles of the observation and source points according to the coordinate system of the problem. Parabola width is taken into the consideration as well along with the mentioned parameters. Obtained results are interpreted considering the geometry.

**Keywords:** Parabolic reflector, Offset feed, Line source, Reflection

### INTRODUCTION

Scattering phenomenon by parabolic reflectors has been under investigation for decades. Ingerson and Wong (1974) presented the focal region characteristics of offset fed reflectors. Some methods have been developed by Sharma, Pujara, Chakrabatry and Dey Ranajit (2009), Adatia and Rudge (1975), Rudge and Adatia (1975), Watson, Rudge and Adatia (1978), Strutzman and Tareda (1993), Sharma, Pujara, Chakrabatry and Singh (2009) for the elimination or suppression of the cross polarization and beam squinting of offset parabolic reflector antennas. Rudge (1973) presented a mathematical model providing predictions of principally polarized and cross-polarized radiations for the fields propagated by offset parabolic reflector where the model permits the primary feed to be offset from the geometric focus of the parabolic reflector and makes it possible to use the reflector as a multiple-beam antenna. By aiming to conclude a practical conception of the diffraction pattern, Watson (1964) examined the field distribution in the focal plane of a finite axially-symmetric parabolic reflector illuminated by a plane wave that is incident at a small angle to the axis. Beam tracking is used by employing the complex-source point or evanescent wave tracking methods both of which are studied by Hasselmann and Felsen (1982) for a parabolic antenna whose offset beam feed is located at the focus. In that study they considered to eliminate of the drawbacks of these methods by investigating an alternate way. Suedan and Jull (1991) applied the complex source point technique, which is both exact and easy to employ, for the diffraction by planar strip, parabolic cylinder reflectors and offset parabolic reflector examples. Zamboni-Rached et al. (2015) proposed the generation of diffraction-resistant beams by means of a parabolic reflector and a spherical wave source which is located slightly away from the focus. Yalçın (2007) examined scattering from a perfectly conducting cylindrical reflector by the method of the modified theory of physical optics. Umul (2008) studied the scattered fields of a line source by a parabolic impedance reflector. We (2016) evaluated the scattered fields of inhomogeneous plane waves by a parabolic perfectly electric conducting reflector asymptotically. In this study, we will investigate the reflected field caused by a parabolic PEC reflector offset-fed by a line source. Reflected fields will be asymptotically obtained by the Stationary Phase Point Method.

### THEORY

The scattering integrals [14] of MTPO can be adapted for the parabolic PEC reflector shown in Fig. 1 as

$$E_{scattered} = \frac{e^{-jk\rho_3}}{\sqrt{k\rho_3}} + \frac{ke^{j\frac{\pi}{4}}}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\varphi_e}^{\varphi_e} f(\alpha, \beta) \frac{e^{-jk\rho_1} e^{-jk\rho_2}}{\sqrt{k\rho_1} \sqrt{k\rho_2}} \rho' \frac{d\varphi'}{\cos\left(\frac{\varphi'}{2}\right)} \quad (1)$$

where  $k$  is the wave number which is equal to  $2\pi/\lambda$ , and  $\lambda$  is the wavelength.  $\rho_1$  is the distance between the source and reflection point Q.  $\rho_2$  and  $\rho_3$  are defined in Fig. 1 as the distances of source point and reflection point Q to the observation point P respectively. Reflector is located symmetrically with respect to the horizontal line ( $\varphi' = 0$ ).

$$f(\alpha, \beta) = \sin\left(\frac{\beta + \alpha}{2}\right) - \sin\left(\frac{\beta - \alpha}{2}\right), \quad (2)$$

where  $\alpha$  and  $\beta$  are the angles between the surface normal, and  $\rho_1$  and  $\rho_2$  respectively. The first term in Eq.(2) represents the reflected field while the second term determines the incident-diffracted field of the scattering integral given in Eq.(1). Surface equation of the parabola is written as

$$\rho' = \frac{f}{\cos^2\left(\frac{\varphi'}{2}\right)}, \quad (3)$$

where  $f$  is the focus of the parabola. For our problem we write the phase function as

$$g(\varphi') = \rho_1 + \rho_2, \quad (4)$$

which can be expanded as

$$g(\varphi') = g(\varphi'_s) + \frac{1}{2}g''(\varphi'_s)(\varphi' - \varphi'_s)^2 \quad (5)$$

where  $g'(\varphi'_s)$  and  $g''(\varphi'_s)$  are the first and second derivatives of the phase function respectively.

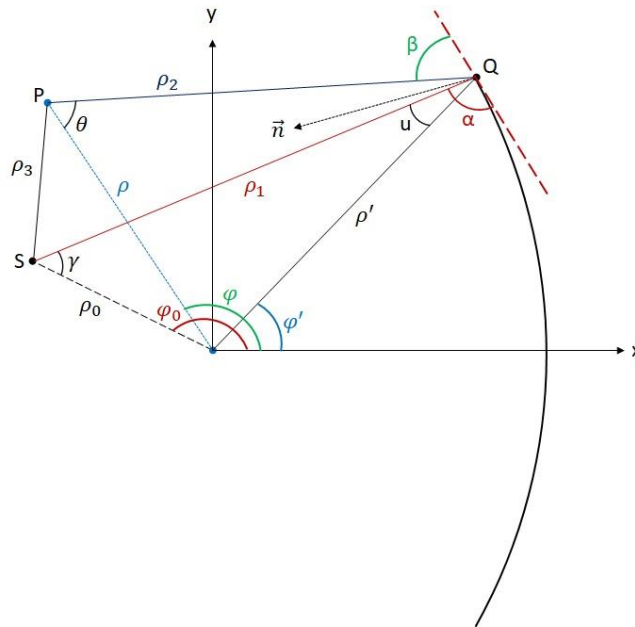


Figure 1. Geometry of the problem

From Fig. 1 it is written that

$$-\rho_0 \sin(\varphi_0 - \varphi') = \rho_1 \cos\left(\frac{\varphi'}{2} + \alpha\right). \quad (6)$$

Derivative of both sides yields

$$\frac{\partial \alpha}{\partial \varphi'} = -\frac{1}{2} + \frac{\frac{\partial \rho_1}{\partial \varphi'} \cos\left(\frac{\varphi'}{2} + \alpha\right) - \rho_0 \cos(\varphi_0 - \varphi')}{\rho_1 \sin\left(\frac{\varphi'}{2} + \alpha\right)}. \quad (7)$$

For the evaluation of  $\frac{\partial \rho_1}{\partial \varphi'}$  we write

$$\rho_1^2 = \rho_0^2 + (\rho')^2 - 2\rho_0\rho' \cos(\varphi_0 - \varphi') \quad (8)$$

Taking the derivatives of both sides we obtain

$$\frac{\partial \rho_1}{\partial \varphi'} = \frac{\rho'}{\rho_1} \left[ \frac{\rho' \sin\left(\frac{\varphi'}{2}\right) - \rho_0 \sin\left(\varphi_0 - \frac{\varphi'}{2}\right)}{\cos\left(\frac{\varphi'}{2}\right)} \right] \quad (9)$$

Similarly, Eq. (10) and Eq. (11) are obtained as

$$\frac{\partial \beta}{\partial \varphi'} = \frac{1}{2} - \frac{\rho \cos(\varphi - \varphi') + \frac{\partial \rho_2}{\partial \varphi'} \cos\left(\frac{\varphi'}{2} - \beta\right)}{\rho_2 \sin\left(\frac{\varphi'}{2} - \beta\right)}, \quad (10)$$

$$\frac{\partial \rho_2}{\partial \varphi'} = \frac{\rho'}{\cos\left(\frac{\varphi'}{2}\right)} \left( \rho' \sin\left(\frac{\varphi'}{2}\right) - \rho \sin\left(\varphi - \frac{\varphi'}{2}\right) \right). \quad (11)$$

Second derivative of the phase function at the stationary phase point is rewritten as

$$g''(\varphi'_s) = \frac{\rho'_s \sin \alpha_s}{\cos\left(\frac{\varphi'_s}{2}\right)} (Z_1 + Z_2) \quad (12)$$

where  $Z_1$  and  $Z_2$  denote the stationary phase point values of  $\frac{\partial \alpha}{\partial \varphi'}$  and  $\frac{\partial \beta}{\partial \varphi'}$  respectively.

Reflected field is written as

$$E_r = \frac{e^{j\frac{\pi}{4}} \rho'_s \sin \alpha_s e^{-jk(\rho_{1s} + \rho_{2s})}}{\sqrt{2\pi} \cos\left(\frac{\varphi'_s}{2}\right) \sqrt{\rho_{1s} \rho_{2s}}} \int_{-\varphi_e}^{\varphi_e} e^{-jk \frac{\rho'_s \sin \alpha_s}{\cos\left(\frac{\varphi'_s}{2}\right)} (Z_1 + Z_2) (\varphi' - \varphi'_s)^2} d\varphi' \quad (13)$$

where the subscript 's' in the parameters refers to their stationary phase point values.

Finally, reflected field is concluded as

$$E_r = \frac{\sqrt{\rho'_s} \sin \alpha_s e^{-jk(\rho_{1s} + \rho_{2s})}}{\sqrt{k \rho_{1s} \rho_{2s} (Z_1 + Z_2) \cos \alpha_s \cos\left(\frac{\varphi'_s}{2}\right)}} \quad (14)$$

## NUMERICAL ANALYSIS

In Fig. 2, reflected field is plotted with respect to  $\varphi'_s$  for some  $\rho$  values. Other parameters are taken as

$\varphi'_s = \left[-\frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{6}\right]$ ,  $f = 3\lambda$ ,  $\varphi_0 = \frac{\pi}{5}$ , and  $\rho_0 = 2\lambda$ . It is observed that reflected field decreases as the observation distance increases which is an expected situation.

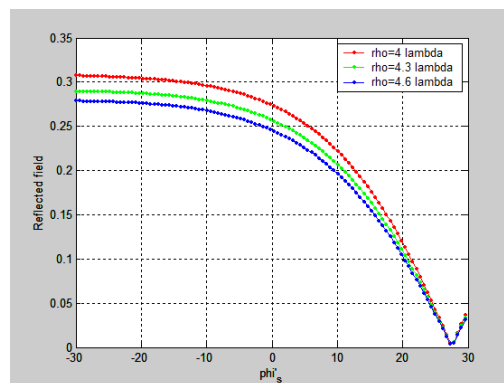
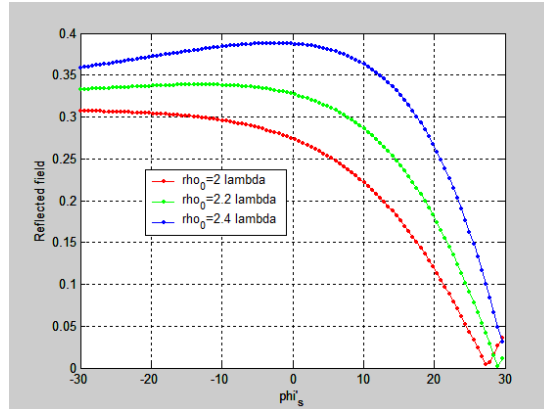


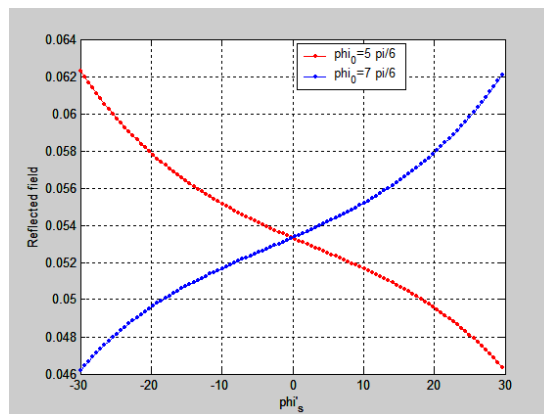
Figure 2. Reflected field for some  $\rho$  values

In Fig. 3, reflected field is plotted with respect to  $\varphi'_s$  for some  $\rho_0$  values. Other parameters are taken as

$\varphi'_s = \left[-\frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{6}\right]$ ,  $f = 3\lambda$ ,  $\varphi_0 = \frac{\pi}{5}$ , and  $\rho = 4\lambda$ . An increase in  $\rho_0$  results in an increase in the reflected field as well. In Figure 4, reflected field is plotted according to  $\varphi_0$  which is the source location angle. Other parameters are taken as,  $\varphi'_s = \left[-\frac{\pi}{6}, \frac{\pi}{6}\right]$ ,  $f = 3\lambda$ ,  $\rho_0 = 2.4\lambda$ , and  $\rho = 4\lambda$ . For  $\varphi_0 = 5\pi/6$ , highest reflected field value comes from the angle of -30 degrees which can be seen as the highest reflection direction. The lowest reflection contribution comes from 30-degree point. The same approach can be considered for  $\varphi_0 = 7\pi/6$  to describe the blue curve of the reflected field.

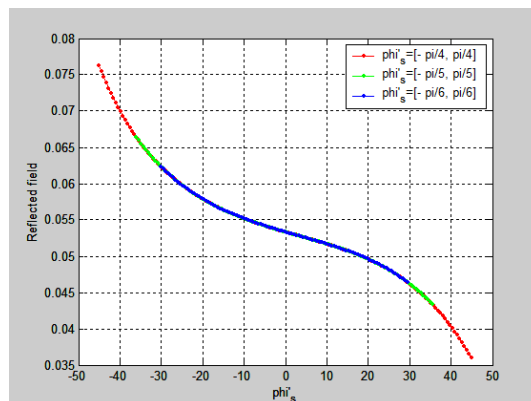


**Figure 3.** Reflected field for some  $\rho_0$  values



**Figure 4.** Reflected field for some  $\varphi_0$  values

In Fig. 5, parabola width and the corresponding reflected field variation is plotted for the parameter values of  $\varphi_0 = \frac{5\pi}{6}$ ,  $f = 3\lambda$ ,  $\rho_0 = 2.4\lambda$ , and  $\rho = 4\lambda$ . A directly proportional relationship between parabola width and reflected field span is observed.



**Figure 5.** Reflected field for some parabola width values

## **CONCLUSION**

In this study, reflection behavior of an offset-fed parabolic PEC reflector is investigated. The reflector is fed by a line source. Reflected field is plotted according to the observation and source distances. Source location angle is used as a parameter to observe the variation of the reflected field as well. The effect of parabola width on the reflected field is also examined.

## **REFERENCES**

- Adatia N. A, Rudge A. W 1975. Beam squint in circularly polarised offset-reflector antennas. *Electronics Letters* 11: 513-515.
- Hasselmann F. J. V, Felsen L. B 1982. Asymptotic analysis of parabolic reflector antennas. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 30:677-685.
- Ingerson P. G, Wong W. C 1974. Focal region characteristics of offset fed reflectors. *Antennas and Propagation Society International Symposium*, 12: 121-123.
- Kara M 2016. Scattering of a plane wave by a cylindrical parabolic perfectly electric conducting reflector. *Optik* 127:4531-4535.
- Rudge A.W 1973. Offset-reflector antennas with offset feeds. *Electronic Letters* 9:611-613.
- Rudge A. W, Adatia N. A 1975. New class of primary-feed antennas for use with offset parabolic-reflector antennas. *Electronics Letters* 11:597-599.
- Sharma S. B, Pujara D, Chakrabarty S. B, and Dey Ranajit 2009. Cross-polarization cancellation in an offset parabolic reflector antenna using a corrugated matched feed. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters* 8: 861-864.
- Sharma S. B, Pujara D, Chakrabarty S. B, Singh V. K 2009. Improving the cross-polar performance of an offset parabolic reflector antenna using a rectangular matched feed. *IEEE Antennas Wireless Propagation Letters* 8:513-516.
- Strutzman W, Terada M 1993. Design of offset-parabolic-reflector antennas for low cross-pol. and low sidelobes. *IEEE Antennas Propagation Magazine* 35:46-49.
- Suedan G. A, Jull E. V 1991. Beam diffraction by planar and parabolic reflectors. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 39: 521-527.
- Umul Y. Z 2008. Scattering of a line source by a cylindrical parabolic impedance surface. *Journal of Optical Society of America* 25:1652-1659.
- Watson K, Rudge A. W, Adatia N. A 1978. Dual-polarized mode generator for cross-polar compensation in parabolic reflector antennas. 8th European Microwave Conference, Sept. 4-8, Paris, France, 183-187.
- Watson W. H 1964. The field distribution in the focal plane of a paraboloidal reflector. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 12:561-569.
- Yalçın U 2007. Scattering from a cylindrical reflector: modified theory of physical optics solution. *Journal of Optical Society of America* 24:502-506.
- Zamboni-Rached M, De Assis M. C, Ambrosio L. A 2015. Diffraction-resistant scalar beams generated by a parabolic reflector and a source of spherical waves. *Applied Optics* 54:5949-5955.



## Modeling and analysis of a fuzzy logic controlled microgrid operating in islanded mode

Youssef Haical\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9747-4605>), Ahmet Mete Vural (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2543-4019>)

Gaziantep University, Engineering Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Gaziantep, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [yousefhai@yahoo.com](mailto:yousefhai@yahoo.com)

### Abstract

A microgrid is a relatively small power network with its own distributed generations, loads, and storages, usually operating synchronously with the infinite bus. However, due to prescription of physical or economic conditions, a microgrid can also be operated in islanded mode, functioning autonomously. Reliability and quality of the generated power are crucial especially in islanded mode, since consumption and generation must be balanced in all time and reactive power must be managed to properly control load voltage. Usually, in grid-connected mode, there may be more power generation than consumption due to intermittent property of renewables and random load changes. With this respect, the excess energy can be stored in batteries to be used later. In this study, at first, a microgrid consisting of AC/DC distributed generation sources such as photovoltaic, wind turbine, diesel generator, fuel cell, and micro-turbine is modelled one by one in semiconductor switching level with a battery energy storage system and local loads. Secondly, the voltage and frequency of the microgrid in islanded mode are dynamically controlled with the micro-turbine generation system and the battery energy storage system using fuzzy logic controllers, respectively. Under changing load scenarios, the effectiveness of the fuzzy logic controllers are tested by comparing their dynamic performances with conventional PI controllers. The results show that the proposed fuzzy logic controllers have better dynamic performance than PI control scheme.

**Keywords:** Microgrid, Islanded mode, Battery energy storage, Frequency control, Voltage control, Fuzzy logic.

### INTRODUCTION

Environment awareness, limited fossil fuels, and increasing accessibility to renewable energy technology in recent years are the major attributes which cause swelling consideration to design new microgrids (Parhizi et al., 2015), (Kevin et al., 2019). Wind energy is pollution-free and has high application potential (Adeyeye et al., 2020). When compared to fossil fuel technologies, the environmental effects of wind energy are pretty much better. Due to its many benefits, wind energy has continuously been utilized to power microgrids. On the other hand, it is expected that the efficiency of the photovoltaic (PV) systems with crystalline silicon technology will increase up to 25% up to 2030 (Obeidat 2018). Hence, PV systems are another strong option to electrify today's and future microgrids. The concept of microgrid unifies the advantages of hybridization of different energy sources with different operating characteristics (Jirdehi et al., 2020). In this regard, the installation of auxiliary power generating units such as diesel generators, fuel cells, and micro-turbines can be optimized to meet instantaneous energy demand in critical circumstances. The complexity of a microgrid can be optimized to be adapted for rural areas and sites with poor electrification. With flexible operation, continuous reliable service can also be efficiently provided to end-users in grid-connected and islanded modes of microgrid (Tsikalakis and Hatzargyriou, 2008). Despite these benefits, the dependence of the renewables having intermittent properties and environmental factors do not usually assure the instantaneous equilibrium between generation and consumption in islanded microgrids. In situations, when there is excess amount of generation than consumption, storing the excess energy is usually cost effective which also increases system's reliability and stability. Consequently, energy storage systems are widely acknowledged as a feasible approach in microgrid applications (Wang and Liu, 2017). Battery as electrochemical energy storage type is attractive due to its high energy/power density, small footprint, instant response, and control flexibility (Yang et al., 2018). All typical microgrids usually include more than one type of energy source. It is recognized that the integration of these energy sources having different dynamics upsurge the non-linearity of the overall system which makes the control tasks difficult (Kohn et al., 2015). In islanded microgrid, the control system of the battery energy storage system (BESS) should be efficiently designed to cope with regulating the frequency at the constant value (Lee et al., 2019). Furthermore, the charging and discharging processes of the batteries are

non-linear due to their natural properties. This situation makes the BESS control hard to obtain a high level of energy supervision by using conventional control strategies, such as PI control. In this paper, a fuzzy logic control approach is suggested to effectively control the voltage and frequency of the microgrid in the islanded mode. It is verified by simulations that the dynamic performances of the proposed fuzzy logic controllers are better than conventional PI control scheme. The organization of the paper is as follows. After this introductory section, Section 2 summarizes the modeling part of each generation unit in the microgrid. In this section, the fuzzy logic control scheme of the micro-turbine for voltage control is also explained. In Section 3, the control scheme of the BESS is described. The design details of the proposed fuzzy logic controller for the BESS is explained in Section 4. The results obtained from various simulation cases are presented in Section 5. Finally, conclusions are drawn in Section 6.

## MICROGRID STRUCTURE

Figure 1 shows the simplified one-line diagram of the proposed microgrid having different generation sources, BESS, loads, and a master switch with the main distribution grid operating at 25 kV, 50 Hz. The microgrid includes a very variety of distributed generation units to increase the overall utilization of renewables and the reliability. The renewable energy sources such that wind, PV and fuel cell systems are integrated to the common low voltage 400 V bus of the microgrid through appropriate power electronic interfaces. The micro-turbine, as one of the conventional generation sources is also connected to the common bus of the microgrid through a power electronic interface due to the fact that the output frequency of the generated power is much higher than the base frequency of 50 Hz. During the grid-connected mode of operation, the master switch is turned on, so the regulations of the microgrid frequency and the voltage are handled by the main grid. So, in this mode, any power imbalance occurring between the microgrid generation and the load is solely compensated by the main grid. However, in the islanded operation when the master switch is turned off, the microgrid should regulate its frequency and voltage. If the microgrid load is comparable to its generation, with a BESS integration, the frequency control can be handled if curtailment of the microgrid load is not wanted. On the other hand, a selected voltage source converter can also be controlled for voltage regulation in the islanded mode by controlling the reactive power. Finally a coupling transformer is utilized for each generation unit to match the voltage level of the generation output with that of common microgrid bus. The modeling details of each generation system is described in the next sub sections. Each DC/AC converter is controlled using decoupled  $dq$  current control scheme. For the sake of simplicity, only the control details of the micro-turbine and BESS are described.

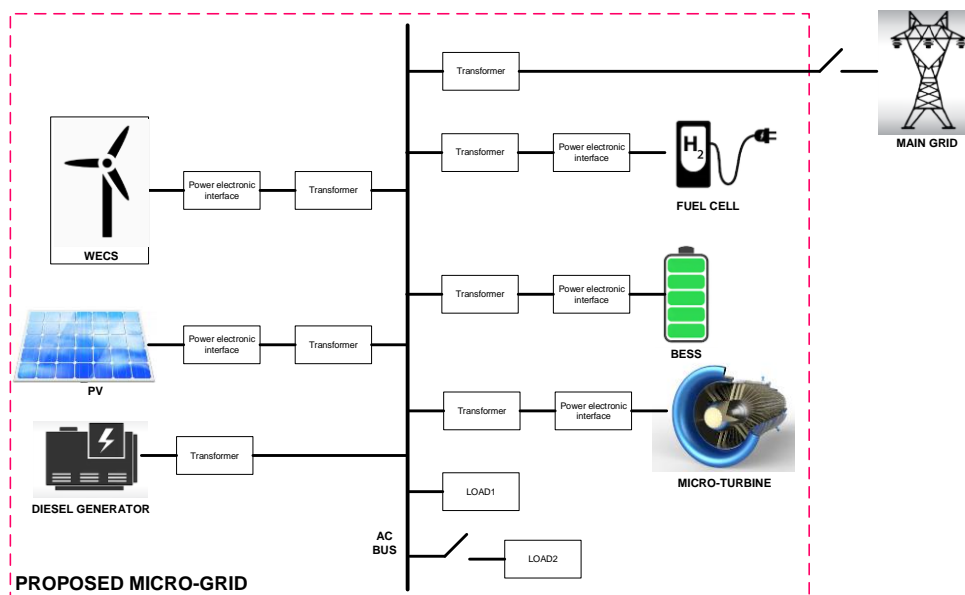


Figure 1. Simplified One-Line Diagram of the Proposed Microgrid

## BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEM

BESS is accepted as one of the most important and efficient ways of stabilizing microgrids with different battery types such that nickel-metal hydride, lead-acid, lithium-ion, and nickel-cadmium. Li-ion batteries exhibit high performance in terms of energy/power density, acceptable weight, and obviously suitable life cycle. The Li-ion based BESS and its control scheme used in this work is schematically shown in Figure 2. Fuzzy logic control has been applied to BESS to regulate the frequency of the microgrid in the islanded mode. In this regard, BESS is considered to balance the overall power generation and consumption of the microgrid in the islanded mode. The real power imbalance  $\Delta P$  of the microgrid in the islanded mode is given as,

$$\Delta P = P_L - (P_{wind} + P_{pv} + P_{dieselgen} + P_{fuel\ cell} + P_{microturbine} + P_{BESS}) \quad (1)$$

where  $P_L$  is the total load of the overall microgrid by neglecting losses,  $P_{wind}$  is the generated power of the WECS,  $P_{pv}$  is the generated power of the PV system,  $P_{dieselgen}$  is the generated power of the diesel generator,  $P_{fuel\ cell}$  is the generated power of the fuel cell,  $P_{microturbine}$  is the generated power of the micro-turbine, and  $P_{BESS}$  is the generated power of the BESS. It is aimed to approach  $\Delta P$  as much as zero by real-time regulation of  $P_{BESS}$  by charging or discharging processes. In Figure 2, the DC link voltage of the DC/AC converter is regulated by PI control approach. In this regard, two PI current regulators generate two control signals  $m_d$  and  $m_q$  using the errors of  $I_d$  and  $I_q$ , which are the  $d$ -axis and  $q$ -axis current components of the BESS current injected into AC bus.  $I_{dref}$  is generated by another PI controller using the error signal of the DC link voltage of the DC/AC converter.  $I_{qref}$  is set to 0, since it is aimed unity power factor operation for the BESS. A total of six pulses are produced by a discrete space vector PWM block for triggering three-phase two-level DC/AC converter. In grid-connected mode, the BESS should operate in synchronous with main grid, hence the measurements are taken at the connection of the main grid with the BESS for the PLL. However, in islanded mode, a discrete virtual PLL is used to generate the appropriate synchronizing signals. The DC/DC converter of the BESS is controlled for frequency regulation of the microgrid in the islanded mode. It is simply a buck-boost converter with a controllable DC output. This converter is used to charge or discharge the batteries with duty cycle  $d$ , generated from either a conventional PI controller or the proposed fuzzy logic controller.

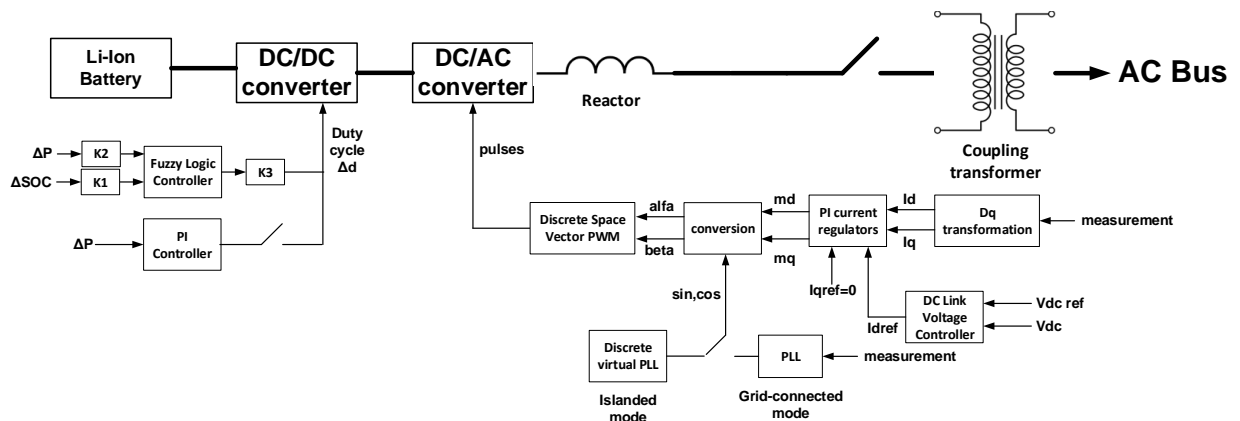


Figure 2. Li-ion Based BESS and Its Control Scheme

## FUZZY LOGIC CONTROLLER DESIGN FOR BESS

Fuzzy logic control is an empirical tactic which aims to embed the knowledge and experience of human thinking in the design of nonlinear control schemes. These key elements cannot be normally considered in conventional control theory, however can be used in fuzzy control approaches. Fuzzy logic control does not require any mathematical description of the controlled process and is able to operate with indefinite inputs with good insensitivity to the disturbances. The operations of charging and discharging of battery are considered as non-linear process. It varies according to time delay and hence it is hard to get a high level of power management by using conventional control strategies. The relation between the voltage and SOC is not linear for the Li-ion battery. Hence, the process of charging and discharging operations lead to decrease the battery life. Moreover, the overcharge of battery should also be taken in account. With the aid of fuzzy logic control, the life cycle of the SOC of the battery can be enhanced and the battery life time can be increased (Chen et al., 2013). By using conventional control approaches, it is so hard to know whether the battery must

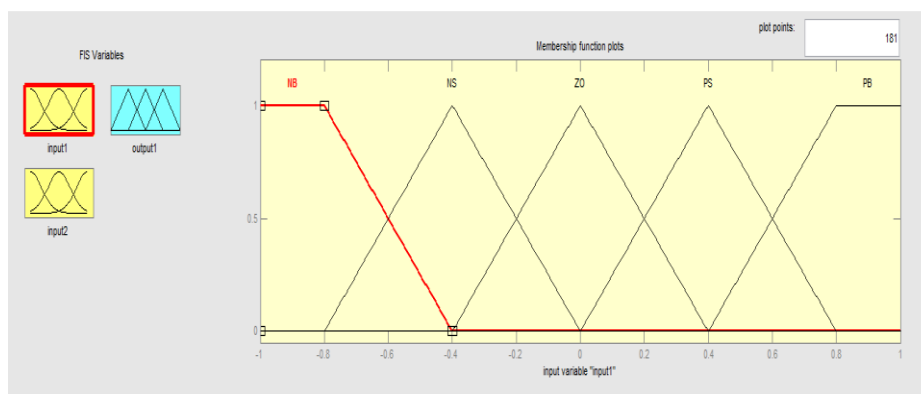
be charged or to protect it from overcharged. That's why, fuzzy logic can be used which depends on empirical rules to solve such a problem (Li and Zhang, 2018). In this paper, a Mamdani type fuzzy logic control is used for charging and discharging the BESS for frequency regulation of the microgrid in islanded mode. The rule table of the proposed fuzzy logic controller is illustrated in Table 1. There are two inputs and one output. The first input is the  $\Delta P$  and the second input is the  $\Delta SOC$ , which is given as follows,

$$\Delta SOC = SOC_{Ref} - SOC_{Actual} \quad (2)$$

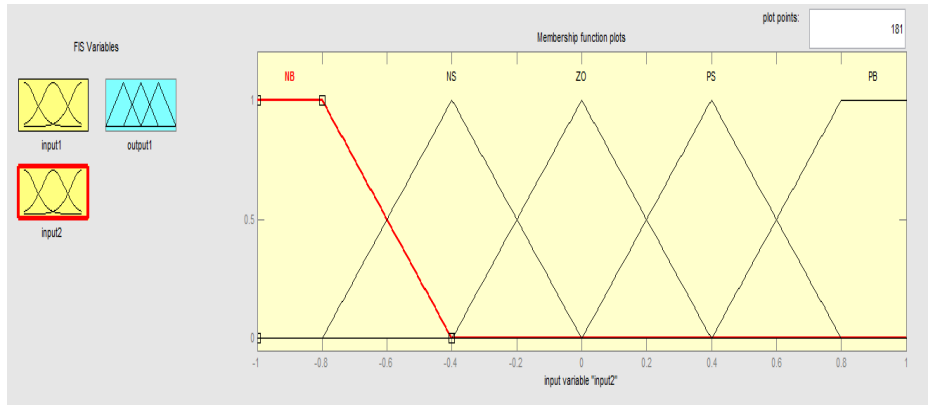
where  $SOC_{Ref}$  is the reference value of the SOC, which is taken as 50%, and  $SOC_{Actual}$  is the instantaneous value of the SOC of the BESS. The output is the  $\Delta d$ , which is the required change of the duty cycle of the DC/DC converter. Membership functions of the fuzzy logic controller consist of five logical levels for inputs and output. These membership functions are 'NB' (Negative big), 'NS' (Negative small), 'ZO' (zero), 'PS' (Positive small), and 'PB' (Positive big). The membership functions for the inputs and the output are shown in Figures 3, 4, and 5, respectively. With the gain factors  $K1, K2, K3$ , the membership function level can be adjusted. If  $\Delta P$  is negative, it means that the PV system and the WECS do not provide enough power to the overall load in the microgrid. As a result, the battery is being charged at this case. In case when  $\Delta SOC$  is negative, it refers to the actual SOC which is greater than the demanded SOC. As a result, the battery works in discharging mode. In regard to Table 1, when  $\Delta P$  is NB and  $\Delta SOC$  is set to be NS (greater than  $SOC_{Ref}$  and the degree of membership function becomes small), so  $\Delta d$  becomes PB, referring to large value of discharging current. But, in case when  $\Delta P$  is NB (There is a large amount of electricity to sell) and  $\Delta SOC$  is PS (lower than the  $SOC_{Ref}$  and the degree of membership function becomes small), it refers to  $\Delta d$  which is NS.

**Table 1.** The rule table of the proposed fuzzy logic controller for frequency control

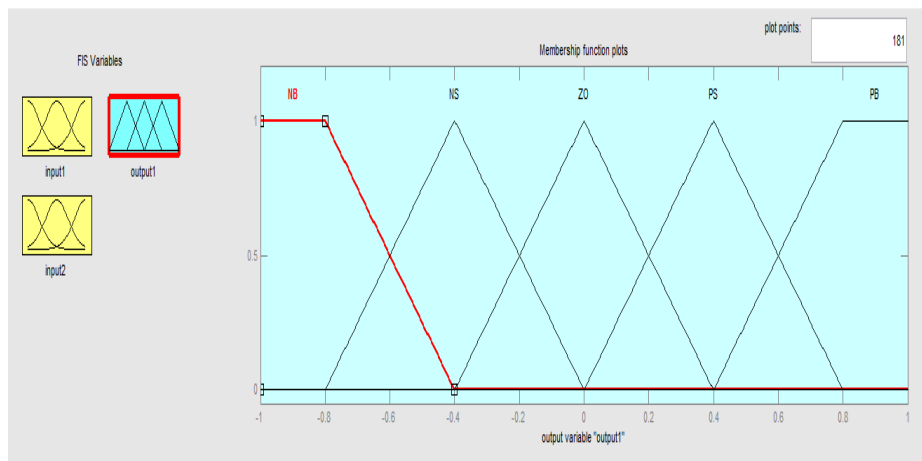
$\Delta d$		$\Delta P$				
		NB	NS	ZO	PS	PB
$\Delta SOC$	NB	PB	PB	PB	PB	PB
	NS	PB	PB	PS	PS	PB
	ZO	ZO	ZO	ZO	PS	PB
	PS	NS	NS	NS	NS	PB
	PB	NB	NB	NB	NB	PB



**Figure 3.** Membership Functions for Input  $\Delta P$



**Figure 4.** Membership Functions for Input  $\Delta SOC$



**Figure 5.** Membership Functions for Output  $\Delta d$

## MICRO-TURBINE GENERATION SYSTEM

Micro-turbine based generators generate electrical power in the range of kHz. The shaft of micro-turbine rotates with very high speeds, ranging from 50000 rpm up to 120000 rpm (Kandil et al., 2010). The high output frequency is rectified and inverted again at 50/60 Hz. For example, Capstone's 30 kW micro-turbine operates at 1600 Hz. This technology has fast dynamic response and hence very reliable. Since micro-turbine based generation systems generally have fast dynamic response, the DC/AC converter at the output can be used for reactive power support of the microgrid in the islanded mode. In this regard, a 23 kW rated micro-turbine generation system consisting of a micro-turbine, back-to-back power electronic interface, L type series filter, and the respective control system are used in this work. The micro-turbine generation system with its control scheme are shown in Figure 6. In the control scheme, the DC link voltage of the DC/AC converter and the microgrid voltage in the islanded mode are both dynamically controlled by  $d$ -axis and  $q$ -axis current components, respectively. The DC link voltage controller is simply a PI controller which generates the reference of  $I_d$  from the respective error signal. On the other hand, the reference of  $I_q$  is either generated by a conventional PI controller or a Mamdani type fuzzy logic controller with two inputs. The first input is the voltage error and the second input is the rate of change of the voltage error. Triangular membership functions are used in this fuzzy control scheme.

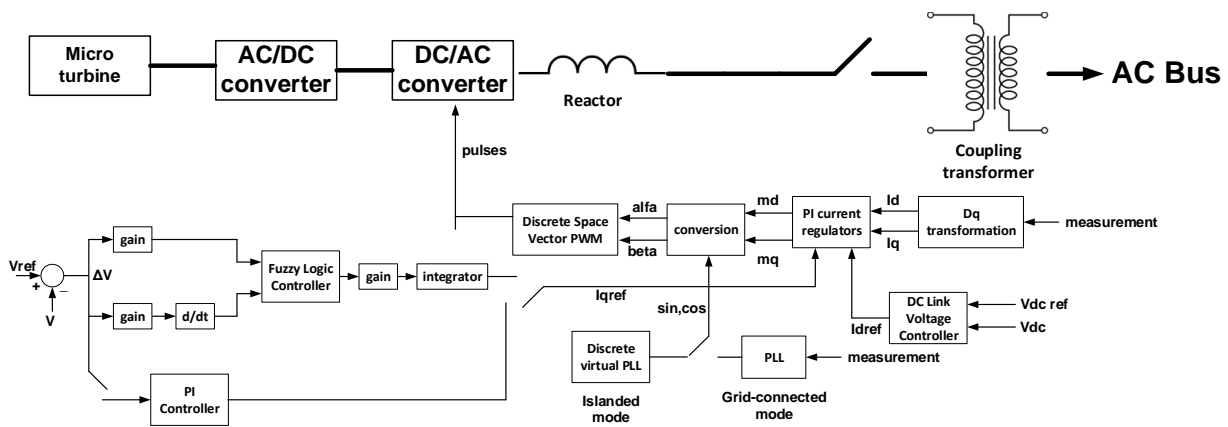


Figure 6. Micro-turbine Generation System and Its Control Scheme

## RESULTS

The simulation cases are performed to verify the dynamic performances of the proposed fuzzy logic controllers when the microgrid is operating in the islanded mode. The load magnitude of the microgrid is altered by controlling the load breaker shown in Figure 1. Two load magnitudes for different time durations are considered in the simulation cases. These are presented in Table 2.

Table 2. Load Changing Times of the Microgrid in the Islanded Mode

Simulation time (s)	Operation mode	Load (kW)
1.4 – 1.70	Islanded mode	100
1.70 – 2.00	Islanded mode	50

At first, the dynamic performance of the PI controllers for both voltage and frequency control of the microgrid is observed between simulation time  $t=1.4$ s and 1.70s. In this case, the microgrid load is adjusted to 100 kW. Figure 7 shows the dynamic performances of both PI controller and the proposed fuzzy logic controller in the task of microgrid voltage control in the islanded mode. It is clearly observed that in case of the PI controller, the voltage sag is bigger when compared with the case when the fuzzy logic controller is activated. It can be deduced that the fuzzy logic controller in this simulation scenario has better dynamic response than PI control scheme. Under the same operating conditions of the microgrid, now the comparison between the proposed fuzzy logic controller and the conventional PI controller for frequency support of the microgrid is examined. Figure 8 shows that the fuzzy logic controller has far better response than PI controller in regulating the frequency. The frequency deviations are effectively damped out by the fuzzy logic control scheme. As a second case study, the load of the microgrid in the islanded mode is decreased from 100 kW to 50 kW between simulation time  $t=1.7$ s and 2.0s. At first, the control performance comparison of the conventional PI controller and the proposed fuzzy logic controller has been realized.

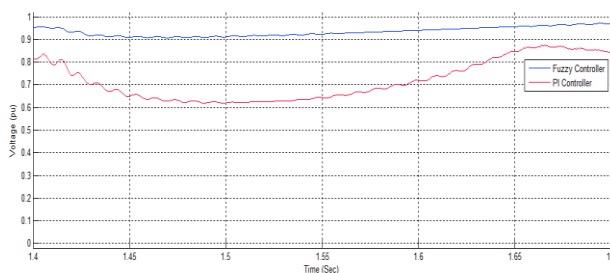


Figure 7. Microgrid Voltage Control in the Islanded Mode with 100 kW of Load

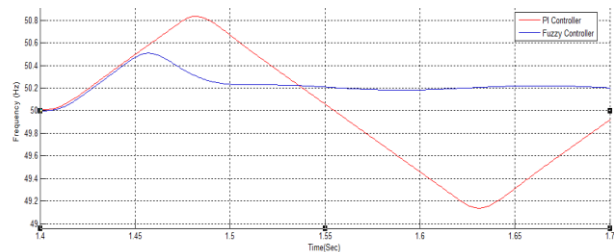
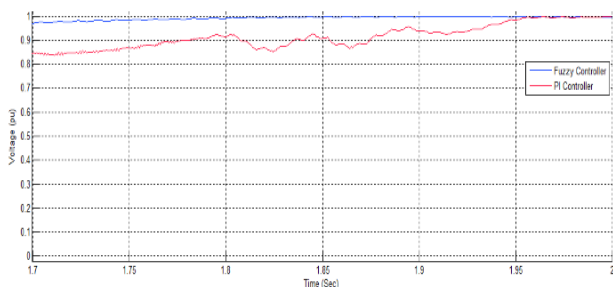
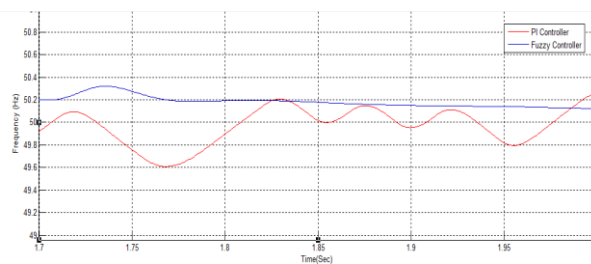


Figure 8. Microgrid Frequency Control in the Islanded Mode with 100 kW of Load



**Figure 9.** Microgrid Voltage Control in the Islanded Mode with 50 kW of Load



**Figure 10.** Microgrid Frequency Control in the Islanded Mode with 50 kW of Load

Figure 9 shows the voltage control performance of both controllers in the islanded mode. As seen, the voltage deviations are greatly minimized using fuzzy logic controller. Moreover, the fuzzy logic controller has faster response in this voltage control scheme. Under the same operating conditions, the dynamic performance of the proposed fuzzy logic controller on frequency regulation is compared with that of the conventional PI controller. Figure 10 shows that when the PI control scheme is active, serious frequency oscillations are observed. But when the fuzzy logic controller is turned on, these oscillations greatly die out and the frequency is almost regulated.

## CONCLUSIONS

The concerns of fossil fuel based energy generation have greatly motivated researchers to focus on alternative and clean energy sources such as wind and solar photovoltaic. The microgrid concept unifies the combination of renewable energy systems with conventional generation systems to increase the efficiency and reliability of the electrical energy. One of the challenges of the microgrids is the ability to work even if the main grid is not supplying power. This case is called islanded mode in which the microgrid should provide continuous power to the loads with good voltage profile and fixed frequency. The reactive power support for the voltage control task can be met from voltage source converters operating in the microgrid, while the frequency support can be met using energy storage technologies. In this paper, the voltage and frequency regulation of a microgrid operating in islanded mode has been proposed. This microgrid has several distributed generation units and loads. The voltage regulation task has been performed by controlling the reactive power injection of the DC/AC converter of a micro-turbine generation system. On the other hand, the frequency regulation task has been performed by controlling BESS. Both of the control problems have been solved using Mamdani type fuzzy logic approach. It has been demonstrated by simulation cases that the proposed fuzzy logic controllers have shown better dynamic performance than conventional PI control approach under different load magnitudes.

## REFERENCES

- Adeyeye K, Ijumba N, Colton J 2020. Exploring the environmental and economic impacts of wind energy: a cost-benefit perspective. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*.
- Chen Y, Wu Y, Song C, Chen Y 2013. Design and implementation of energy management system with fuzzy control for DC microgrid systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 28;4: 1563-1570.
- Jirdehi MA, Tabar VS, Ghassemzadeh S Tohidi S 2020. Different aspects of microgrid management: A comprehensive review. *Journal of Energy Storage*, 30, 2020.
- Kandil MS, M.El-Saadawi, Hassan AE, K.Abo-Al-Ez 2010. Dynamic modeling and control of microturbine DG system for autonomous operation. *IEEE 14th International Middle East Power Systems Conference (MEPCON'2010)*.
- Kevin K, Modi S, Usha P 2019. Micro grid: An energy efficient approach for modern power system. *IEEE International Conference on Distributed Computing, VLSI, Electrical Circuits and Robotics (DISCOVER)*, Manipal, India, 1-5.
- Kohn W, Zabinsky ZB, Nerode A 2015. A micro-grid distributed intelligent control and management system. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6;6: 2964-2974.
- Lee H, Kim K, Kim J, Park JH 2019. A frequency control using multiple BESS in islanded microgrid. *IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, Helsinki, Finland, 1531-1535.
- Li X, Zhang D 2018. Coordinated control and energy management strategies for hundred megawatt-level battery energy storage stations based on multi-agent theory. *International Conference on Advanced Mechatronic Systems (ICAMechS)*, Zhengzhou, 1-5.

- Obeidat F 2018. A comprehensive review of future photovoltaic systems. *Solar Energy*, 163: 545-551.
- Parhizi S, Lotfi H, Khodaei A, Bahramirad S 2015. State of the art in research on microgrids: A review. *IEEE Access*, 3: 890-925.
- Tsikalakis AG, Hatziargyriou ND 2008. Centralized control for optimizing microgrids operation. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 23;1: 241-248.
- Wang X, Liu Y 2017. Analysis of energy storage technology and their application for micro grid. *International Conference on Computer Technology, Electronics and Communication (ICCTEC)*, Dalian, China, 972-975.
- Yang Y, Bremner S, Menictas C, Kay M 2018. Battery energy storage system size determination in renewable energy systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91: 109-125.



## Genel cerrahın kabusu: Laparoskopik kolesistektomi sırasında ana safra yolu yaralanması

Mutlu Şahin (0000-0003-0371-4095)

Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Genel Cerrahi Kliniği, Ankara,  
Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: drmutlu@gmail.com

### Özet

Semptomatik safra kesesi taşlarının tedavisinde laparoskopik kolesistektomi (LK) altın standarttır. LK sırasında oluşabilecek safra yolu yaralanmaları, genel cerrahlar için bir kabus olmaya devam etmektedir. İatrojenik safra yolu yaralanmaları sonrasında konulan erken tanı ile mortalite ve morbidite azaltılabilir. Bu sunumda, kolelitiazis tanısı ile LK uygulanan 61 yaşındaki kadın hastada gelişen iatrojenik yaralanmanın yönetimi üzerinden, safra yolları yaralanmalarındaki yönetim anlatılacaktır.

LK sırasında safra kesesinin ileri derecede sklerotrofik olduğu gözlemlendi. Kolesistektomi işlemi laparoskopik olarak tamamlandı. Safra kesesi lojuna bir adet silikon dren yerleştirilerek operasyon sonlandırıldı. Hastada postoperatif birinci günden itibaren hafif bilirubin artışı gelişti. Koledok injuri şüphesi ile manyetik rezonans kolanjiyopankreatografi (MRCP) planlandı. Postoperatif 5. günde total bilirubin seviyesi 7.75 mg/dL seviyesine ulaştı. MRCP'de ; İntrahepatik safra yollarında genişleme gözlemlendi. Koledokta tam kat yaralanmaya ait bir bulgu izlenmedi. Hastaya postoperatif 6. günde endoskopik retrograde kolanjiyopankreatografi (ERCP) işlemi uygulandı. Klips seviyesinden yukarı opak geçmediği ve koledoku tam obstrükte olduğu izlendi.

Hasta bunun üzerine postoperatif 7. günde reopere edildi. İntraoperatif kolanjiyografi çekildi. Ana safra kanalının konfluens seviyesinden klipslendiği görüldü. Strasberg E-3 tipi yaralanma görüldü. Hepatikojejunostomi uygulandı. İkinci operasyon sonrası postoperatif 7. günde hastaya Perkütan Transhepatik Kolanjiyografi (PTK) uygulandı. Sağ ana safra kanalında darlık olduğu görülmesi üzerine buraya drenaj uygulandı. Takiplerinde problem görülmeyen hastanın PTK'sı 20 gün sonra çekildi. Yaklaşık 10 gün daha dreni bekletildi ve drenajın olmaması üzerine çekildi. Sonraki 3 ve 6 aylık takiplerinde herhangi bir patoloji saptanmadı.

LK'ye bağlı safra yolu yaralanmaları ciddi bir sağlık sorunu olmaya devam etmektedir. Profilaktik dren kullanımı yaralanmanın erken tanınmasını kolaylaştırır. Hasarın ilk tespit edilmesinden sonra yapılması gereken en önemli iş hastaları deneyimli, çok disiplinli bir ekip tarafından yönetilmek üzere bir an önce sevk etmektir. Böylece hastalar tatmin edici bir şekilde tedavi edilebilir ve sorunsuz bir postoperatif seyir izleyebilir.

**Anahtar kelimeler:** Laparoskopik kolesistektomi, safra yolu yaralanması, yönetim

### The nightmare of the general surgeon: Main bile duct injury during laparoscopic cholecystectomy

#### Abstract

Laparoscopic cholecystectomy (LC) is the gold standard in the treatment of symptomatic gallbladder stones. Biliary tract injuries that may occur during LC remain a nightmare for general surgeons. Mortality and morbidity can be reduced with early diagnosis. In this presentation, the management of bile duct injuries will be explained through the management of iatrogenic injury developing in a 61-year-old female patient who was applied LC with the diagnosis of cholelithiasis.

During LC, the gallbladder was observed to be highly sclerotrophic. The cholecystectomy procedure was completed laparoscopically. The operation was terminated by placing a silicone drain. MRCP was planned with the suspicion of choledochal injury. On the 5th day, the total bilirubin level reached 7.75 mg / dL. In MRCP, expansion in the intrahepatic biliary tract was observed. No evidence of full-thickness injury was reported. The patient underwent ERCP on the 6th postoperative day. It was observed that the choledoch was fully obstructed.

The patient was then reoperated on the 7th postoperative day. Intraoperative cholangiography was applied. It was observed that the main bile duct was clipped from the level of confluence. Strasberg E-3 type injury was seen. Hepatikojejunostomy was performed. PTC was applied to the patient postoperatively on the 7th

postoperative day. When there was a stenosis in the right main bile duct, drainage was applied here. The patient's PTC was withdrawn after 20 days. No pathology was detected in the next 3 and 6 months follow-up.

Bile duct injuries related to LC continue to be a serious health problem. The use of prophylactic drains facilitates early recognition of injury. The most important thing to do after the damage is first detected is to refer patients as soon as possible to be managed by an experienced, multidisciplinary team. Thus, patients can be treated satisfactorily and have a smooth postoperative course.

**Keywords:** Laparoscopic cholecystectomy, bile duct injury, management

## GİRİŞ

Semptomatik safra kesesi taşlarının tedavisinde laparoskopik kolesistektomi (LK) altın standarttır. LK sırasında oluşabilecek safra yolu yaralanmaları, genel cerrahlar için bir kabus olmaya devam etmektedir. LK'nin açık kolesistektomiye göre daha az ağrı, erken taburcu olma süresi, normal yaşama erken dönüş, daha iyi kozmetik sonuçlar ve düşük maliyet gibi avantajları olmasına rağmen safra yolu yaralanma oranı açık kolesistektomiye oranla daha fazladır (1). LK'nin kullanımının altın standart olmasından sonra safra yolu yaralanmalarının sıklığında bir artış olduğu görülmüş, tüm önlem ve dikkate rağmen sıklıkta belirgin bir düşüş sağlanamamıştır (2). İatrojenik safra yolu yaralanması riskini en çok arttıran nedenler; Callot üçgeninde aşırı diseksiyon, akut kolesistit, skleroatrofik safra kesesi, safra yollarındaki anatomik varyasyonlar, safra kesesinin aşırı traksiyonu, ameliyat esnasında cerrahın dikkatsizliği gibi nedenler sayılabilir (3, 4). İatrojenik safra yolu yaralanmaları sonrasında konulan erken tanı ile mortalite ve morbidite azaltılabilir. Bu sunumda, kolelitiazis tanısı ile LK uygulanan 61 yaşındaki kadın hastada gelişen iatrojenik yaralanmanın yönetimi üzerinden, safra yolları yaralanmalarındaki yönetim anlatılacaktır.

## MATERYAL VE METOD

Hastanemiz genel cerrahi polikliniğine safra kesesinde multiple taş ve intermittan karın ağrısı ile başvuran 61 yaşındaki kadın hastaya LK uygulanmasına karar verildi. Hastanın preoperatif dönemde 2 kez akut atak hikayesi mevcuttu. Son atağını 3 ay önce geçirdiği öğrenildi. Ameliyat sırasında safra kesesinin ileri derecede skleroatrofik olduğu gözlemlendi. Zor bir ameliyat olmasına rağmen kolesistektomi işlemi laparoskopik olarak tamamlandı. Herhangi bir intraoperatif komplikasyon oluşmadığı düşünüldü. Safra kesesi lojuna bir adet silikon dren yerleştirilerek operasyon sonlandırıldı.

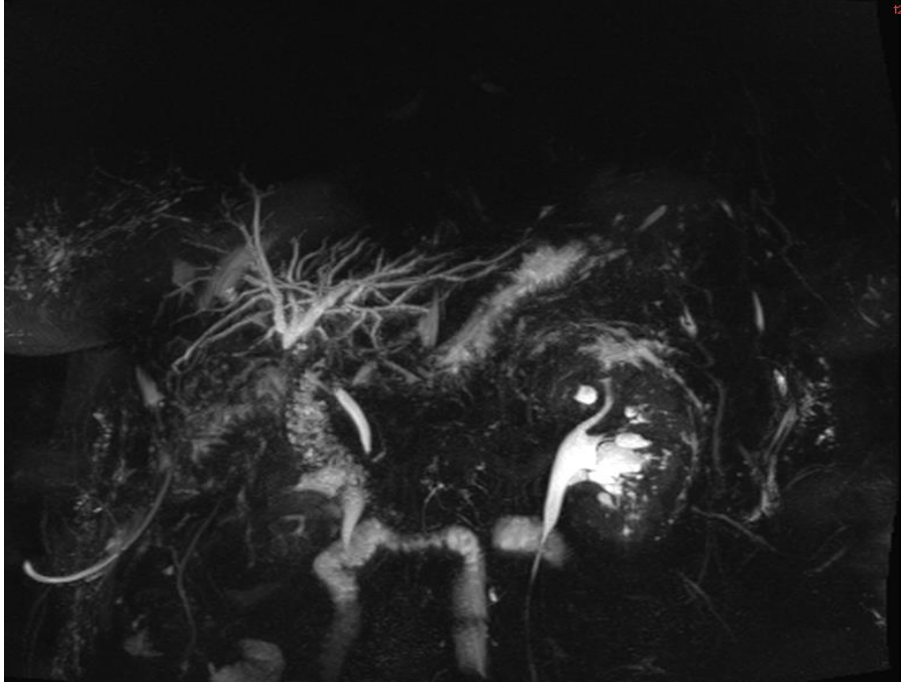
## BULGULAR ve TARTIŞMA:

Hastada postoperatif birinci günden itibaren hafif bilirubin artışı gelişti. Koledok injuri şüphesi ile manyetik rezonans kolanjiyopankreatografi (MRCP) planlandı. Postoperatif 5. günde total bilirubin seviyesi 7.75 mg/dL seviyesine ulaştı. Postoperatif 5. günde MRCP çekildi. MRCP'de ; İntrahepatik safra yollarında genişleme gözlemlendi. Koledokta tam kat yaralanmaya ait bir bulgu izlenmedi. *Kaçak şüphesi* şeklinde rapor edildi (Resim 1).

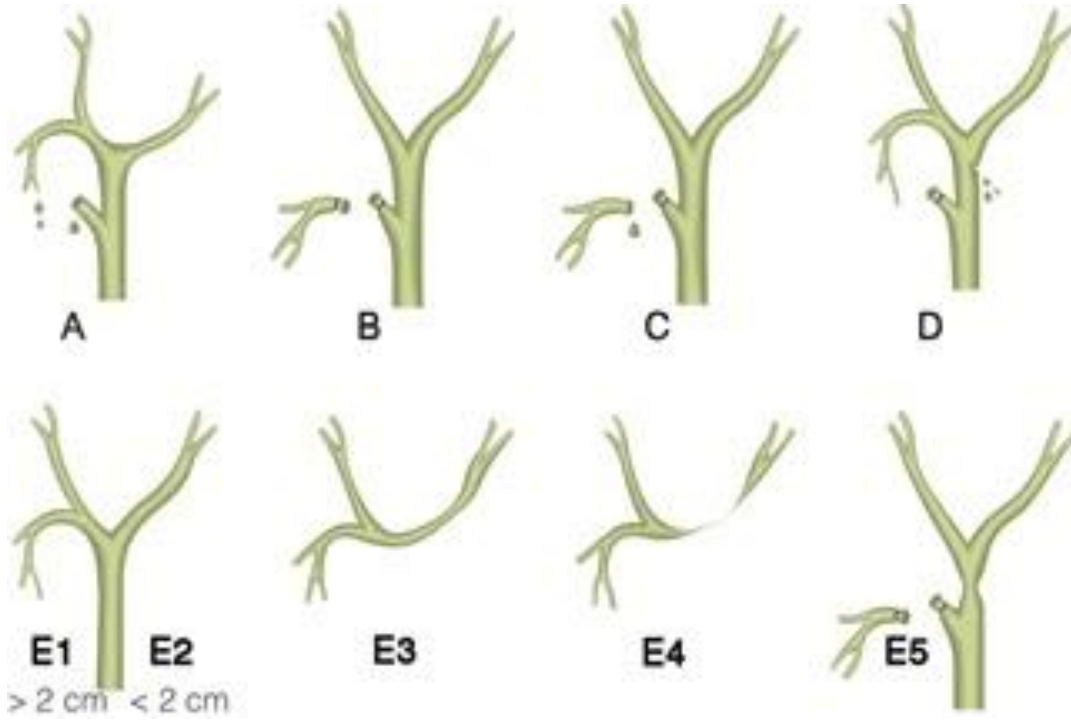
Bunun üzerine hastaya hemen bir gün sonra yani postoperatif 6. günde endoskopik retrograde kolanjiyopankreatografi (ERCP) işlemi uygulandı. Bu işlemin raporu şöyleydi:

- Klips seviyesinden yukarı opak geçmiyordu.
- Sfinkterotomi sırasında sızıntı şeklinde kanama
- Koledok tam obstrükte olarak izlendi.
- Pankreatik kanala stent yerleştirildi.

Eş zamanlı yapılan ultrasonografide (USG); klipsin obstrüksiyon hattına kadar uzandığı izlendi.



Resim 1. LK sonrası 5. gün çekilen MRCP görüntüsü



Resim 2. Safra yolu yaralanmalarında Strasberg sınıflaması



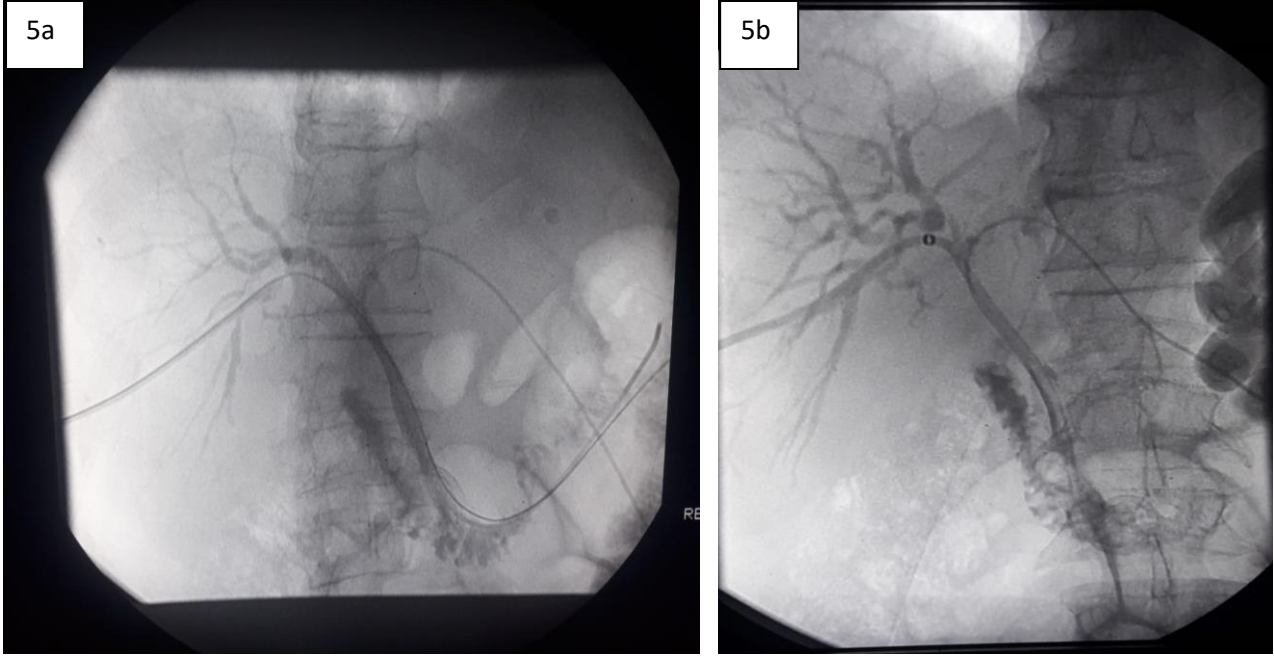
4a



4b



Resim 4a-4b. PTK sonrası 7. gün



Resim 5a-5b. PTK sonrası 14. gün

Hasta bunun üzerine postoperatif 7. günde reopere edildi. İntraoperatif kolanjiografi çekildi. Ana safra kanalının konfluens seviyesinden klipslendiği görüldü. Koledok çapının 6-7 mm olduğu gözlemlendi. Strasberg E-3 tipi yaralanma görüldü (Şekil 2). Hepatikojejunostomi uygulandı.

Hastada postoperatif dönemde yaklaşık 250-300 cc serohemorajik drenaj oldu. 6. günden itibaren drenaj 600-700 cc'ye kadar çıktı ve safralı gelmeye başladı. İkinci operasyon sonrası postoperatif 7. günde hastaya Perkütan Transhepatik Kolanjiografi (PTK) uygulandı. Sağ ana safra kanalında darlık olduğu görüldü üzerine buraya drenaj uygulandı. Takiplerinde problem görülmeyen hastanın PTK'sı 20 gün sonra çekildi. Yaklaşık 10 gün daha dreni bekletildi ve drenajın olmaması üzerine çekildi. Sonraki 3 ve 6 aylık takiplerinde herhangi bir patoloji saptanmadı.

Safra yolu yaralanmaları kolesistektomi sırasında oluşabilecek en ciddi komplikasyonların başında yer almaktadır. LK sırasında meydana gelen safra yolu yaralanma oranı (0,4-0,9%) açık kolesistektomi'den daha fazladır (1). Bununla birlikte, erken tanı ve deneyimli bir hepatobiliyer cerraha zamanında sevk edilmesi ilk yönetimin temel parçalarıdır (5). Hasta başarısız bir onarım prosedüründen sonra, postoperatif erken dönemde bile sevk edildiyse, sevk merkezinde ileri yönetimi daha karmaşık ve zordur. Ameliyatı yapan cerrah birincil hastanede yaralanmayı derhal onarmaya çalıştığında, hastaların sadece% 17-27'sinde başarılı uzun vadeli sonuçlar elde edilebilir (6). Bu nedenle, hastalara ilk müdahale işleminin hepatobiliyer cerrahi konusunda uzman bir ekip tarafından yapılması için erken dönemde sevk hasta yönetiminde oldukça önemlidir. Böylece, yaralı yapılara daha fazla zarar vermeden cerrahi rekonstrüksiyon daha kolay olacaktır. Hastanın yaralanma sonrasında MRCP, ERCP, PTK gibi işlemlerin yapılabileceği bir merkeze sevk ve rekonstrüksiyon işleminden önce bu tanı ve tedavi yöntemlerinin uygulanmasına izin vermek yapılabilecek en doğru harekettir. Bu hem hastanın hayatını, hem de cerrahın hukuki sorumluluğunu kontrol altına alır.

Zor LK operasyonlarından sonra profilaktik dren kullanımının, safra yolu yaralanmasının erken tanınmasını sağladığı açıkça bilinmektedir. Bununla birlikte, kolesistektomi sonrası enfekte safra materyalinin derhal saptanması ve drenajı, bu hasta grubunda ciddi hastalık gelişme şansını önemli ölçüde azaltır.

## SONUÇ

LK'ye bağlı safra yolu yaralanmaları ciddi bir sağlık sorunu olmaya devam etmektedir. Üçüncü basamak hastanelerin birikimli deneyimleriyle, artık bu durumdan muzdarip hastaların önlenmesi ve uygun yönetimi konusunda büyük bir bilgi birikimi bulunmaktadır. Profilaktik dren kullanımı yaralanmanın erken tanınmasını kolaylaştırır. Hasarın ilk tespit edilmesinden sonra yapılması gereken en önemli iş hastaları deneyimli, çok disiplinli bir ekip tarafından yönetilmek üzere bir an önce sevk etmektir. Böylece hastalar tatmin edici bir şekilde tedavi edilebilir ve sorunsuz bir postoperatif seyir izleyebilir.

## **KAYNAKLAR**

1. Aoki T, et al. Strategies for management of bile duct injury during laparoscopic cholecystectomy. *Diagn Ther Endosc.* 2001;7(2):55-61.
2. Ozturk E, Can MF, Yagci G, et al. Management and mid- to long-term results of early referred bile duct injuries during laparoscopic cholecystectomy. *Hepato-gastroenterology.* 2009 Jan-Feb;56(89):17-25.
3. Schmidt SC, Langrehr JM, Hintze RE, Neuhaus P: Long-term results and risk factors influencing outcome of major bile duct injuries following cholecystectomy. *Br J Surg* 2005; 92:76-82.
4. Sekido H, Matsuo K, Morioka D, Kunihiro O, Tanaka K, Endo I et al: Surgical strategy for the management of biliary injury in laparoscopic cholecystectomy. *Hepato- gastroenterology* 2004; 51:357-361.
5. Thomson BN, Cullinan MJ, Banting SW, Collier NA: Recognition and management of biliary complications after laparoscopic cholecystectomy. *ANZ J Surg* 2003; 73:183-188.
6. Stewart L, Way LW: Bile duct injuries during laparoscopic cholecystectomy. Factors that influence the results of treatment. *Arch Surg* 1995; 130:1123-1128.

## Çay şekeri (sakkaroz) tüketiminin insan sağlığı üzerine etkisi

Mustafa SatouF<sup>1\*</sup>(ORCID:[https://orcid.org/\(0000-0002-8349-4899\)](https://orcid.org/(0000-0002-8349-4899))), Mehmet Köten<sup>2</sup>  
(ORCID:[https://orcid.org/\(0000-0002-8232-8610\)](https://orcid.org/(0000-0002-8232-8610)))

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Kilis, Türkiye

<sup>2</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Kilis, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: mustafasatouf@kilis.edu.tr

### Özet

Birçok gıdaya tatlılık veren ve ticari adıyla çay şekeri olarak bilinen sakkaroz, birçok bitkide farklı oranlarda doğal olarak bulunmaktadır. İnsan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan sakkaroz, sadece bitkiler tarafından sentezlenmektedir. Fotosentezin en önemli ara ürünüdür. Çoğu bitkide yapraklardan gövdenin diğer yerlerine taşınan şeker formudur. Sakkaroz, birçok bitkiden ekstrakte edilebilmesine rağmen, dünyadaki en önemli iki kaynağı şeker pancarı (*B. Vulgaris*) ve şeker kamışıdır (*Saccharum*). Şeker kamışı %17-20, şeker pancarı ise %12-18 oranında sakkaroz içermektedir. Dengeli beslenmede sadece sakkarozdan oluşan bir besin alımı doğru değildir. Yeterli miktarda sakkaroz alımı vücuda yararlar sağlarken, aşırı alımı bazı rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bunların başında obezite, diyabet hastalığı, diş çürümesi gibi hastalıklar yer almaktadır. Bu çalışmada; günlük hayatımızda çok sık tükettiğimiz sakkarozun vücudumuzdaki faydaları ve zararlarının neler olduğu, ne kadar ve nasıl tüketmemiz gerektiği konularında bilgiler sunulmaya çalışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Sakkaroz, çay şekeri, sukroz, sağlık, obezite

### The effect of tea sugar (saccharosis) consumption on human health

### Abstract

Sucrose, which is known as tea sugar with its commercial name, which gives sweetness to many foods, is naturally present in many plants in different ratios. Sucrose, which has a very important place in human nutrition, is synthesized only by plants. It is the most important intermediate product of photosynthesis. It is a form of sugar that is transported from leaves to other parts of the stem in most plants. Although sucrose can be extracted from many plants, its two most important sources in the world are sugar beet (*B. Vulgaris*) and sugar cane (*Saccharum*). Sugar cane contains 17-20%, sugar beet contains 12-18% sucrose. In a balanced diet, a nutrient intake consisting of only sucrose is not correct. Adequate intake of sucrose benefits the body, while excessive intake causes some discomfort. Among these are diseases such as obesity, diabetes, tooth decay. In this study; We have tried to provide information about the benefits and harms of sucrose, which we consume frequently in our daily lives, how much and how we should consume.

**Keywords:** Tea sugar, sucrose, health, obesity

### GİRİŞ

İnsanoğlunun şeker ile ilk tanışması ilk çağlara kadar uzanmaktadır. Hindistan ve Çin'de, eski Yunanlılar'da ve Romalılar'da şeker kamışından şeker üretilmiştir. Şeker kamışının anavatanı Hindistan ve Bangladeş'tir. M.Ö. 4. yüzyılda, İskenderin İran seferinden sonra şeker kamışının varlığı eski Yunanlılar ve Romalılar tarafından da öğrenilmiştir. Şeker kamışındaki şekerli maddelerin çıkarılarak koyu bir şurup haline getirilmesi olayı da ilk kez Hindistan'da gerçekleştirilmiştir. Araplar, imparatorluklarının genişlemesiyle birlikte Kuzey Afrika, İspanya gibi bölgelerde şeker üretimine başlamışlardır. Şeker böylece Ortaçağ'da Avrupa'ya girmiştir. Şekerin diğer maddelerden arıtılması yöntemi M.S. 8. yüzyıl sonlarında Mısır'da geliştirilmiştir. 18. yüzyıla kadar sadece şeker kamışından üretilen şeker lüks tüketilen bir ürün iken, 18. yüzyıldan sonra Almanların şeker pancarından şeker üretimini devreye sokmaları ile ucuzlamış ve yaygın tüketilir bir ürün haline gelmiştir. XIX. yüzyıl ortalarında, Osmanlı İmparatorluğu'nda da şeker pancarı tarımına girişmek ve şeker sanayi kurmak yönünde girişimlerde bulunulmuştur. Türkiye'de şeker fabrikalarının kurulması ve üretime geçmesi Cumhuriyetin ilk yıllarında gerçekleştirilmiş ve 1926 yılında biri Alpullu diğeri Uşak'ta iki şeker fabrikası birden üretime geçmiştir. Bugün Türkiye'de 30'dan fazla şeker fabrikası bulunmaktadır. Bunlardan bazıları özelleştirilmiş olup, büyük bir kısmı Türk Şeker adındaki devlet işletmeleridir (Anonim, 2020a; Anonim, 2020b; Anonim, 2020c). Dünyada şeker üretimi şeker kamışı veya şeker pancarından yapılmaktadır. Pancardan şeker üretiminde Türkiye de dünyanın önemli şeker üreticileri arasında yer almaktadır. Türkiye

dünya şeker üretiminin % 8'i ile 4. sırada, Avrupa şeker üretiminde ise % 10'luk bir pay ile 3. sıradadır. Türkiye Orta Doğu'da pancar şekerinin % 65'ini üretmektedir. (Fedai, 2016)

Kristal beyaz şeker; şeker pancarı veya şeker kamışından elde edilen ve halk arasında toz şeker, kristal beyaz şeker ve çay şekeri adlarıyla bilinen şekerdir. Kalitelerine göre ham, beyaz, yarı beyaz ve rafine şeker olarak ifade edilir. Beyaz kristal şeker (sükroz), dünya ülkelerinde ticari ve en yaygın olarak şeker pancarı ve şeker kamışından üretilmektedir (Çiftçi, 2019). Dünyada 2016/17 pazarlama yılı (PY) itibariyle şekerin % 78'i kamıştan, % 22'si pancardan üretilmiş olup, dünya şeker borsa fiyatlarını, ticarete hâkim pozisyonda olan düşük maliyetli kamış şekeri belirlemektedir (Tosun, 2017). Dünyanın en büyük şeker tüketicisi Hindistan'dır (Tablo 1). Nüfus artış hızı ve kişi başına gelir, tüketimi belirleyen en önemli etkenlerdir. Gelişmiş ülkelerde kişi başına şeker tüketimi durağan seyretmekte, az gelişmiş ülkelerde ve şeker ekonomisi güçlü ülkelerde artmaktadır. Türkiye, 54 ülke arasında 37. sırada yer alıyor. En az şeker tüketilen ülkeler sıralamasında kişi başına günlük 5 gram ile Hindistan ilk sırayı almaktadır (Anonim, 2020d)

**Tablo 1.** En Büyük Şeker Tüketicisi Ülkeler (2015) (Anonim, 2020d)

Ülkeler	Tüketim (Milyon ton)	Kişi Başına Tüketim (kg/yıl)
Hindistan	23.5	19.0
AB	17.1	37.9
Çin	14.5	11.0
Brezilya	11.9	59.1
ABD	9.8	31.6
Rusya	5.4	36.9
Endonezya	5.5	21.8
Meksika	4.5	38.3
Pakistan	4.3	22.3
Mısır	3.1	36.0
Türkiye*	2.3	23.9

\*Türkiye'de kişi başı tüketim, yurtiçi satış miktarı üzerinden hesaplanmıştır.

## SAKKAROZ NEDİR?

Sakkaroz veya diğer adlarıyla sükroz veya çay şekeri,  $C_{12}H_{22}O_{11}$  formülüyle gösterilen ve bir glukoz ve bir fruktoz molekülünün bir araya gelmesiyle meydana gelen disakkarittir (Anonim, 2020e). Sakkaroz 6 karbonlu glikoz ile 6 karbonlu fruktozun birleşmesiyle ortaya çıkar. Bu nedenle 12 karbonlu bir bileşiktir. Bitkilerde sentezlendiği için bitkilerden elde edilir. Fabrikalarda şeker kamışı ve şeker pancarından çeşitli süreçten geçirilerek beyaz sofr şeker elde edilir (Anonim, 2020f).

Karbonhidratlar insan vücudu için birinci enerji kaynağıdır. Dünya Sağlık Örgütü günlük toplam enerji ihtiyacının %50-55'inin karbonhidratlardan, toplamın en fazla %10'unun dışarıdan eklenmiş şekerlerden karşılanmasını önermektedir. Ortalama yetişkin bir erkek için bu miktarlar 250 gram karbonhidrat ve bunun içinde yer alan 50 gram şekere denk gelmektedir. Bu sınırlar içerisinde kalındığında sağlık yönünden olumsuz bir etki tespit edilmemiştir (Anonim, 2020g).

Beyaz şeker, aşağıdakiler de dâhil olmak üzere birçok formda oluşur:

**İri şeker:** Büyük şeker kristalleri dekoratif görünümü için kullanılır ve genellikle ek parlaklık elde etmek için fırınlanmış ürünler ve tatlılar üzerine püskürtülür. Bu şekerin kimyasal bileşimi sofr şeker ile aynıdır. İkisi arasındaki tek fark tanelerin boyutudur.

• **Toz şeker** (sofr şeker): Bu çok amaçlı şeker en yaygın beyaz şeker türüdür, içeceklerde ve diğer sıvılarda iyi erir.

**İnce Şeker:** Kristallerin boyutu granül şekerden biraz daha küçüktür, bu da sıvılarda çözülme kolaylaştırır.

• **Kuru Şeker:** Bu şeker ince bir toz haline getirilir ve keklenmeyi önlemek için kalsiyum fosfat veya mısır nişastası gibi topaklanmayı engelleyici bir madde eklenir.

**Şeker küpleri:** Şeker, kahve ve çay gibi içeceklerde kullanılmak üzere uygun büyüklükte topaklar halinde sıkıştırılır (Anonim, 2020h).



## SAKKARUZUN KAYNAKLARI

Sakkaroz (sükroz),şeker pancarı ve şeker kamışından elde edilen çay şekeri olarak bilinen şekerdir. Şeker pancarında % 16-20, şeker kamışında % 14-28 oranlarında sakkaroz bulunur. Meyvelere tatlılık veren bir şekerdir. İnsan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan sakkaroz, sadece bitkiler tarafından üretilir. Modern rafinasyon yöntemleri ile yüksek derecede rafine edilen şeker % 99.9 oranında sakkaroz içermektedir (Anonim, 2015). Çay şekeri, sofr şeker, toz şeker, kristal şeker, beyaz şeker adlarıyla bilinen şekerdir. Çay şekeri yani sakkaroz bitkisel kaynaklardan elde edilir. Önemli şeker mahsullerinden olan şeker kamışı (*Saccharum spp.*) ve şeker pancarındaki (*Beta vulgaris*) şeker, bitkinin kuru ağırlığının %12-%20 kadarını oluşturabilir (Çalışkan, 2020).

## SAKKARUZ BESİN DEĞERİ

Şeker (sakkaroz) en ucuz enerji verici besin maddelerinden biridir. İki tatlı kaşığı tozşeker ya da iki kesmeşeker (10 gr) yaklaşık 40 kalori sağlar; bu da 100 gr patatesin sağladığı enerjinin yarısıdır (Coşkun, 2002). Sakkaroz,% 50 glikoz ve % 50 fruktozdan oluşan bir disakkarittir ve glisemik indeksi 65'tir. Sakkaroz hızla sindirilir, ancak kan şekeri üzerinde minimum etkiye sahip olan fruktoz içeriği nedeniyle nispeten düşük bir glisemik indekse sahiptir(Anonim, 2020i).

Şekerler vücuda enerji sağlayan kaynaklardır. % 99.9 sakkaroz içeren şekerlerin besin değeri yoktur. (Mutlu ve ark., 2017). Gıdaların içerdiği sakkaroz miktarları Tablo 3'te ve karbohidratların tatlılık dereceleri Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Sakkaroz bakımından gıdalar (Anonim, 2020j)

Gıda maddeleri	Kısım	Sakkaroz miktarı (g)
Şeker	100 g	100
Sütlü çikolata	100 g	56
Çikolata kurabiye	100 g	44.5
Mısır gevreği	100 g	37.5
Çikolatalı kek	100 g	24.2
Reçel	100 g	20
Meyve salatası	100 g	12
Limonata	100 ml	7

**Tablo 4.** Karbohidratların tatlılık dereceleri (Anonim, 2013)

Karbohidratın adı	Tatlılık derecesi	Karbohidratın adı	Tatlılık derecesi
Laktoz	16	Glukoz	74
Galaktoz	32	<b>Sakkaroz</b>	<b>100</b>
Maltoz	32	Gliserol	108
Ksiloz	40	Fruktoz	173
Sorbitol	54	Aspartam	22000
Mannitol	57	Sakkarin	55000

## SAKKARUZUN FAYDALARI

Sakkaroz tatlandırıcı olarak kullanılan bir gıda maddesidir ve bitkilerdeki en önemli şekerdir. Bu şekerin kullanılma nedeni tatlandırıcı olması ve kıvam artırıcı özelliği olmasıdır. Reçellerde, bisküvilerde, kurabiyelerde, keklerde, turtalarda, şekerlemede, şerbette, unlu, sütlü tatlılarda ve birçok katkı maddesinde yoğun olarak sakkaroz kullanılır. Sakkaroz, kolay sindirilebilen bir besindir. Bu da vücut için kolay bir enerji kaynağı anlamına gelir. Mideden sonra ince bağırsakta kısa sürede kana karışmaya başlar. Ancak dengeli

beslenmede sadece saf sakkarozdan oluşan bir besin alımı yanlıştır. Aşırı sükröz alımı ayrıca bazı rahatsızlıklara neden olmaktadır (Anonim, 2020e; Büyüközer, 2017; Anonim, 2020k). Sakkaroz glikozdan daha tatlı olduğu için yemeklerde ve içeceklerde kullanılmaktadır. Ancak bitkisel bir disakkarit olduğu için insan bedeninde sentezlenmez. İnsanda sindirime yani hidrolize uğrayarak kendisini oluşturan glikoz ve furuktoza dönüşür. Ardından da solunum ile yakılarak enerjiye dönüşür (Anonim, 2020f; Anonim, 2013). Karbonhidratların insan vücudunda 5 temel fonksiyonu vardır. Bunlar; 1. Enerji üretimi, 2. Enerji depolama, 3. Makro moleküllerin yapımı, 4. Proteinlerin korunması ve 5. Lipit metabolizmasına destektir (Tayfur ve ark., 2016; Anonim, 2020l).

## **SAKKARAZUN ZARARLARI**

Şeker tüketiminin yaygınlaşmasının kanser, obezite, kalp-damar hastalıkları ve diyabet ile bağlantılı olduğundan bahseden çok sayıda çalışma vardır (Jiang ve ark. 2016). Yapılan bazı çalışmalarda, ilave şeker olarak fruktozun vücuda alınımının artması ile organ çevresi yağlanmalarının da arttığı gözlenmiştir. Global tahminlere göre; 2050 yılında diyabetli kişi sayısının 48.3 milyona ulaşacağı düşünülmektedir. Ayrıca kronik hastalıklar kadar önemsenmiyor olsa bile, yüksek şeker tüketiminin ağız ve diş sağlığına da olumsuz etkileri olduğu çalışmalarda belirtilmektedir. 2015 yılında Dünya Sağlık Örgütü tarafından yayınlanan "Yetişkinler ve Çocuklar İçin Şeker Alımı" bildirisinde; eklenti şeker alımının, günlük enerji gereksiniminin %5'ini geçmemesi gerektiği belirtilmiştir. Diş çürükleri üzerine sistemik inceleme, yetişkinler ve çocuklarda serbest şeker tüketim düzeyi ile diş çürükleri arasındaki ilişkiyi hedef almıştır (Anonim, 2020g; Çiftçi, 2019; Jiang ve ark. 2016). Şeker bağışıklık sistemini baskı altına alır. Şeker vücudun mineral dengesini bozar. Hamilelik ve emzirme periyodunda aşırı şeker tüketilirse fetüste kas gelişimi olumsuz etkilenir. Gazlı içeceklerdeki şeker çocukların süt tüketimini engeller. Şeker doku ve hücreleri tahrip eden reaktif oksijen türlerini artırır. Şeker çocuklarda hiperaktiviteyi, gerginliği, konsantrasyon problemlerini ve huysuzluğu artırır. Şeker fazlası zararlı olan trigliserid yağ asidi miktarını artırır. Şeker vücudun bakterilere karşı savaşında direncini artırır. Şeker yumurtalık kanserine neden olabilir. Şeker vücutta krom ve bakır minerali eksikliğine neden olur. Şeker yaşlanmayı hızlandırır. Diş çürümelerini hızlandırır. Vücudun kalsiyum ve magnezyum emilimini güçleştirir. Alkol bağımlılığını tetikler. Yaş ilerledikçe gözleri daha zayıf hale getirir. Dopamin, serotonin ve nöroepinefrin gibi nörotransmitterlerin zamansız salımını sağlayarak vücudun duygusal tepkilerini dengeleştirir. Çocuklarda adrenalinin daha hızlı salınımına neden olur. Gastrit ve on iki parmak bağırsağı ülserini tetikler. Kandaki E vitaminini azaltır. Periyodontal diş hastalıklarına neden olur. Besin alerjilerine neden olur. Çocuklarda egzama gibi cilt hastalıklarına yol açar. DNA'nın yapısını bozabilir. Hamilelik esnasında kan zehirlenmesine neden olur. Kardiyovasküler hastalıklara zemin hazırlar. Katarakta neden olur. Damar tıkanıklığına neden olur. Düşük yoğunluklu lipoproteinleri (LDL) artırır. Enzimlerin fonksiyonlarını bozar. Pankreasın çalışma düzenini bozar ve kadınlarda pankreas kanserine neden olur. Böbreğin boyutunu artırarak böbrekte patolojik değişikliklere neden olur (Anonim, 2020m).

### **1. Bel ve göbek yağlarını artırır**

Günlük olarak 3 porsiyon meyve tüketimi, doğal şeker alımımız için yeterlidir. Fakat işlenmiş şekerin aşırı tüketimi, şekerin kan dolaşımı ile vücudun her tarafına yayılmasına neden oluyor. Şeker; bel, göbük, kalça, göğüs ve bacak gibi kısımlarda yağ olarak birikiyor. Bu yağlar böbrek, kalp gibi aktif organlara dağılıyor ve organlar görevlerini yerini getiremiyor; akabinde diyabet ve kalp hastalıkları beraberinde geliyor (Anonim, 2020m; Anonim, 2020n).

### **2. Kalbe zarar veriyor**

Institute of Medicine'nin raporuna göre şeker kötü kolesterol olarak bilinen LDL ve trigliseridlerin yükselmelerine neden olarak damar tıkanıklığına yol açabiliyor. Damarların içindeki bu parçacıkların artması da kalp krizi riskini yükseltiyor (Anonim, 2020ö). Fazladan şeker tüketimi kalp hastalıklarına yakalanma riskini artırır. Elde edilen verilere göre şeker kalbin pompalama mekanizmasını etkilemekte ve kalpte arıza riskini artırmaktadır. Şeker temel olarak kalp krizinden sorumlu kötü kolesterolü ve trigliseritleri (bir çeşit yağ asidi) artırır (Anonim, 2020m; Anonim, 2020p). Kandaki şeker oranını değiştirmesi nedeniyle şeker tüketimi kan basıncını, yani tansiyonu da etkiliyor. Zamanla kanın içinde plakaların bile oluşmasına neden olarak tansiyonu yükseltiyor, damarların tıkanmasına neden olabiliyor. Bu etkileri de temel olarak kalp sağlığını olumsuz etkiliyor tabii (Anonim, 2020r).

### 3. Ciltte kırıxıklık nedeni

Şeker molekülleri vücutta fazla miktarda bulunduğunda proteinlere bağlanarak proteinin yapısını değıştiriyorlar ve bu olaya da "glikasyon" deniyor. Bu birleşme sonucu cildin en önemli yapıları olan kollajen ve elastin proteinleri zarar görebiliyor. Cildin elastikliğini ve sıklığını sağlayan elastin ile kollajenin şeker molekülleri tarafından hasar görmesi de ciltte sarkma, kırıxıklık ve yüzeyde bozulmalara sebep olabiliyor (Anonim, 2020s; Anonim, 2020ş). Şekerli yiyecekler kan şekerini ve insülin seviyesini aniden yükselttiğı için akne gelişimine neden olabiliyor (Anonim, 2020t).

### 4. Obeziteye yol açıyor

Son yıllarda yapılan çalışmalara göre; eklenti şeker içeren içeceklerin tüketimi ile tip 2 diyabet riskinin artışı arasında güçlü bağlar bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmaya göre; yüksek miktarda şekerli içecek tüketen kadın ve erkeklerin, düşük miktarlarda tüketen bireylere kıyasla tip 2 diyabete yakalanma riskinin %26 daha fazla olduğu belirlenmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda, kilo alımındaki artışın kişinin diyetine eklediğı eklenti şekerdeki artış ile paralel olduğu gözlenmiştir (Çiftçi, 2019). Sükrozun sindirimi ile tolere edilen fruktoz, bir yandan, glikozun yaptığı gibi, "ghrelin" hormonu tokluğunu engellemez, bir yandan, insülin direncine direnç kendini obezite için hazırlar, özellikle de çocuklarda bu küresel sağlık sorununun etkilerini. Günümüzün önemli hastalıklarından biri olan obezitenin temel nedeni, aşırı şeker tüketmek. Yapılan çalışmalar açıkça gösteriyor ki fazla miktarlarda ve devamlı olarak şeker tüketildiğinde karaciğer şekerin bileşeni olan fruktozu yağ olarak depoluyor. Bunun sonucunda da özellikle bel çevresinde yağlanma hızla artıyor (Anonim, 2020s). Obezite her hastalığın öncüsüdür ve obezitenin temel nedeni aşırı şeker tüketimidir. Aşırı fruktoz alımı leptin direncini de artırır. Leptin bize yeterli miktarda yemek aldığımızı bildiren bir hormondur. Buradaki problem ise genellikle beyinden gelen bu sinyali dikkate almayız. Şekerin sessiz katil olarak adlandırılmasının nedeni ise yol açtığı hastalıklara haber vermeden yani belirtiler göstermeden neden olmasıdır. Günümüzün en önemli sağlık sorunlarından biri obezitedir. Çocuklardaki obezite vücudun belli yerlerindeki yağ birikiminin sonucudur. Bunun bir nedeni fruktoz yüklü içecekler ve meşrubatlardır. Aşırı fruktoz alımı (fakat glikoz alımı değil) öncü yağların olgunlaşmasına neden olur. Bu yağlar bel çevresinde birikerek gelecekteki kalp hastalıklarının ve diyabetin riskini artırır. Şeker ayrıca kilo alımını, yeme arzusunu ve uyuma zorluklarını artırır (Anonim, 2020m). Şeker kronik hastalıkların öncüsüdür fazla miktarda ve sürekli şeker tüketimi kandaki insülin miktarını artırır. İnsülin pankreas tarafından kan şekerini artırmak için salgılanan bir hormondur. Şeker ne kadar fazla tüketilirse pankreas o kadar insülin salgılar. Verilere göre kronik insülin yüksekliğı bazı kalp hastalıklarına, kansere, sivilceye, polisitik yumurtalık sendromuna ve hatta miyopa davetiye çıkarmaktadır. Azalan şeker miktarı insülinin de azalmasına neden olur. İnsülin yüksekliğinin neden olduğu birçok kronik rahatsızlık vardır (Anonim, 2020m; Anonim, 2020s).

### 5. Kanser riskini artırıyor

Amerika Diyet Rehberi'nin 2010 yılı raporlarında, diyetle ilgili 5 kronik hastalığın varlığından söz edilmiş. Bu hastalıkların en önemlilerinden biri ise kanserdir. Doğal olarak şeker içeren tahıllar, süt ve süt ürünleri, kurubaklagiller aynı zamanda kansere koruyucu olarak görev yapan vitamin, mineral, antioksidan ve fitokimyasallar gibi maddeler içeriyorlar. Bunun aksine sofrta şekerli boş kalori olmasının yanı sıra hiçbir koruyucu madde içermiyor. Üstelik yüksek şeker alımı insülin direnci ve obeziteyi tetikleyerek indirekt olarak meme kanseri gibi bazı kanserlerin riskini artırıyor. Yapılan çalışmalarda besinlerin glisemik yükü ile meme, kolorektal, endometriyum ve pankreas kanserleri arasında pozitif ilişki tespit edilmiştir (Anonim, 2020s; Anonim, 2020u).

### 6. Mutsuzluk nedeni (depresyon riskini artırıyor)

Şeker, "mutluluk hormonu" olarak bilinen serotonin hormonunun salgılanmasını tetiklediğı için keyif verici özelliğı kişilerde bağımlılık yaratabiliyor. Beyinde bağımlılık yaratan etkisi de içinde şeker olan besinler tüketilmediğı zaman mutsuzlukla sonuçlanabiliyor. Çünkü bağımlılık nedeniyle en ufak bir sorunda gerektiğinden fazla şeker ve tatlı tüketmek zamanla kilo alımına, bu tablo da mutsuzluğa sürüklüyor (Anonim, 2020s).

### 7. Karaciğer yağlanmasını tetikliyor (karaciğeri yorgunluk)

Karaciğerde fazla trigliserid birikimi yağlı bir karaciğere sahip olmanıza neden olabiliyor. Yapılan çalışmalar da gösteriyor ki fazla fruktoz tüketimi trigliseridlerin yükselmesine yol açarak karaciğer yağlanmasını tetikleyebiliyor. Ayrıca fazla şeker tüketimi sonucu kilo artışı ve bunun sonucunda obezite ile gelen insülin direnci de karaciğer yağlanmasını tetikleyebilen diğere unsuru oluşturuyor (Anonim, 2020s). Şeker ve alkol

vücutta karaciğere karşı aynı toksik etkiyi gösterir bilim adamları ihtiyaç fazlası alınan fruktoz ve glikozun tıpkı alkol gibi karaciğere aynı zehirleyici etkiyi yapmaktadır. Şeker alkol gibi karaciğer üzerinde kronik etkilere yol açmaktadır. Elde edilen verilere göre karaciğer hasarı aşırı kalori ya da kilo artışı olmadan da ortaya çıkabilmektedir (Anonim, 2020m).

## 8. Enerjiyi azaltır

Şeker tüketiminin enerji yükselttiği bilinse de bu durum yalnızca geçici bir durum. Şeker tüketimi ile birlikte yükselen enerji birkaç saatlik bir süreç sonunda kayboluyor. Geçici enerji dalgalanmalarından uzaklaşabilmek için şeker seviyesi düşük, lif bakımından ise zengin karbonhidratlı besinleri tercih etmeniz gerekiyor. Karaciğer yağlanmasına neden olur, Hücrel yaşlanmayı hızlandırır (Anonim, 2020t).

## 9. Diş çürüklerine neden oluyor (dişleri mahvetmek)

Karbonhidrat + Bakteri = Asit, Diş + Asit + Zaman = Çürük

Karbonhidrat (bilhassa sakkaroz) alınmasından birkaç saniye sonra dişin etrafındaki ortamın pH sı 7 den 5.5 a düşer. Bu pH minenin tahribi için yeterlidir. Minenin tam harabiyeti için yukarıda işaret edildiği gibi dişin organik kısımlarını eriten proteolitik enzimlere de ihtiyaç vardır. pH 5,5 a düştükten sonra ortam nötrleşinceye kadar takriben yarım saat geçmektedir. Eğer diyetle yeterli miktarda protein alınır, aminler ve üre de alınmış olacağından bunlar meydana gelen asidi tampon ederek dekalsifikasyonu önlemektedirler. Ayrıca diyetle yeterli miktarda yağ varsa bunlar da dişin üzerini bir tabaka halinde sararak sakkarozun diş nüfusuna mani olmaktadır.

Dişin çürümesi için aşağıdaki üç faktör gereklidir:

- Yiyecek diş üzerinde kalmalıdır
- Besin maddesi karbonhidrat, bilhassa sakkaroz olmalıdır
- Ağızda, diş üzerinde bakteri bulunmalıdır (Özbayer, 1972)

Ağzımızda pek çok farklı bakteri yaşıyor. Bunlardan bazıları dişlerimize fayda sağlarken, bazıları ise hasar veriyor. Basit şekerlerle beslenen zararlı bakteriler fırçalama veya tükürük ile temizlenmezlerse şekerini aside dönüştürerek ağzımızın içinde asidik bir ortam oluşmasına yol açıyor. Bu asitlerin diş minesinin en üst tabakasında yer alan ve dişlerimizin korunmasını sağlayan mineralleri çözmesi sonucu da diş çürükleri oluşuyor (Anonim, 2020s). Diş çürümesi (diş çürüğü), özellikle de şeker, şekerlerin tüketimi ile ilgili belirgin bir sağlık tehlikesi haline gelmiştir. Gibi oral bakteri, Streptococcus mutans, dental plak yaşayan ve metabolize bir şekerleri (sadece sakkaroz, aynı zamanda glikoz, laktoz, früktoz, ve pişmiş nişastalar içine laktik asit. Elde edilen laktik asit diş çürümesi gibi, bilinen yöntemlere göre mineral arındırılarak, diş yüzeyinin pH düşürür (Anonim, 2020i).

## 10. Hafızayı zayıflatıyor

Avustralya Ulusal Üniversitesi'nde yapılan çalışmaya göre; kan şekerinin uzun süre normal değerlerin üzerinde seyretmesi sonucu bu kişilerde beynin küçülme riski normal bireylere göre daha fazla oluyor. Avustralya Ulusal Üniversitesi'nden araştırmanın sahibi Profesör Dr.Nicolas Cherbuin beyinde hafızayı oluşturan kısımlarda oluşan küçülmenin de hafıza sorunlarını ortaya çıkarabileceğini belirtiyor. Fazla şeker tüketimi ayrıca dikkat eksikliği ve öğrenme güçlüğü de yapabiliyor (Anonim, 2020s; Anonim, 2020ü).

## 11. Vücudun savunma sistemini zayıflatıyor (bağışıklık sistemini zayıflatır)

Bağışıklık sistemimizin önemli bir parçası olan alyuvar hücreleri, C vitamini ile şeker moleküllerinin yarışı arasında kalabiliyor. Şeker ile benzer molekül yapısına sahip olan C vitamini şekerin fazla tüketimi sonucu bağışıklık hücreleri tarafından kullanılmıyor ve bağışıklık sistemini zayıflatmaya sebep oluyor. Bunun sonucunda da hastalıklara yakalanma riski daha da yükselmiş oluyor (Anonim, 2020s). Bağışıklık sistemimiz hastalıklara karşı vücudumuzun en önemli güvenlik mekanizmasıdır. Yüksek miktarda şeker alımı çalışmalara göre bağışıklık sisteminin bakterilere, virüslere, parazitlere ve çeşitli mikroorganizmalara karşı mücadele

yeteneğini önemli ölçüde zaafa uğratmaktadır. Bir insanın her yemekte şeker kullandığını varsayarsak bu insanın bağışıklık sistemi her bir günde kapasitesinin yarısı kadar güçle işlevini yerine getirir (Anonim, 2020m). Aşırı şeker tüketimi hem vitamin ve mineral gibi vücudumuza faydalı birçok maddenin emilimini engelliyor hem de vücudumuza giren ve sağlığımızı tehdit eden çeşitli mikrop çeşitlerinin gelişmesine ve çoğalmasına olanak sağlıyor. Bu iki özellik bir araya geldiğinde de elbette bağışıklık sistemi zayıflıyor. Bu da vücudumuzu soğuk algınlığından kansere dek birçok hastalığa karşı açık hale getiriyor (Anonim, 2020r).

## 12. Bağımlılık tüketicileri etkiler

Rafine şeker, dopamin hormonunu salgılamak için beyni hayal eder ve bu, ilave şekerler içeren çeşitli gıdalara bağımlılık yapmaya yatkındır (Anonim, 2020v).

## 13. Saç dökülmesi

Kandaki şeker oranının yükselmesi diğer birçok vitamin ve mineralin emilimini de blokluyor. Sadece saçlarımızın bile sağlıklı bir şekilde uzayıp gürleşmesi için ihtiyaç duyduğu bu maddeler vücudumuza yeterince giremeyince saç dökülmeleri, saç uçlarında kırılmalar artıyor (Anonim, 2020ü).

## 14. Mide rahatsızlığı

Şeker hastalığının en bilinen belirtilerinden olan mide bulantısı, aşırı şeker tüketiminin sürekli devam ettirilmesi durumunda ortaya aşırı yemek yeme durumuna da bağlı olarak hazımsızlık ve mide asidinin artması nedeniyle oluşan gastrit gibi ciddi rahatsızlıkların oluşmasına neden oluyor (Anonim, 2020r).

## 15. Ürik asit

Oluşumu gut ürik asidin aşırı üretimi ile bağlantılıdır. Vücuttan ürik asit salgılanmasını önleyen insülin düzeyinin, yükseltir sakaroz bakımından zengin bir diyet gut yol açabilir. Vücut artar ürik asit konsantrasyonu, yani eklem sıvısında ve kritik yoğunluğunun ardından ürik asit konsantrasyonu için olduğu gibi, ürik asit kristalleri halinde çökmeye başladı. Araştırmacılar gut vakalarında bir artış fruktoz şekerli içecekler yüksek rol oynadığı ortaya çıkmıştır (Anonim, 2020i).

## ŞEKER YERİNE NE KULLANILABİLİR?

Şeker kullanmamak, sağlıklı ve doğal beslenmek için yapay tatlandırıcılar yerine doğal alternatifler bulunmaktadır. Akağaç şurubu, bal, hindistan cevizi palmyesi, monk meyvesi özütü, hurma şekeri, esmer veya kamış şekeri, stevia bunlardan bazılarıdır. Stevia ticari açıdan tablet olarak kullanıma uygun hale getirildiğinden bu doğal tatlandı (Kızılaslan, 2017).

## ÖNERİLER

1. Şeker ve şeker içeren besinler ve içeceklerin tüketimi her yaş grubu için azaltılmalıdır.
2. Ambalajlı tüketime sunulan gıdalarda etiket bilgisi okunarak benzer gıdalarda şeker içeriği daha düşük olanlar tercih edilmelidir. Şeker ve şeker ilave edilmiş besinlerin fazla miktarda tüketimi başta obezite olmak üzere, kardiyovasküler hastalıklar, diş çürükleri, bazı kanser türleri, tip 2 diyabet ve bazı metabolik sorunlara neden olabileceği için tüketimi azaltılmalıdır. Şeker içeren besinler
  - Hamur işi (kek, pasta, kurabiye, bisküvi, kurabiye, diğer fırıncılık ürünleri) ve sütlü tatlılar
  - Reçel, marmelat, bal, pekmez
  - Gazlı ve/veya alkolsüz içecekler, limonata, şekerli meyve içecekleri, spor içecekleri, enerji içecekleri
  - Dondurma, sütlü/sütsüz buzlu ürünler.
  - Şekerlemeler (akide şekeri, lokum pişmaniye), helvadır.
3. Şekerden gelen enerji günlük enerjinin %10'unu geçmemeli, % 5'in altında olması tercih edilmelidir (DSÖ, yetişkinler ve çocuklarda şeker tüketiminin toplam enerji alımının % 10'unun altına düşürülmesini önermektedir) (Tayfur ve ark., 2016; DSÖ, 2015).
4. Bebeklere 2 yaşa kadar şeker/şekerli yiyecek ve içecek verilmemelidir.
5. Şeker içeren besinlerin ve içeceklerin özellikle öğünler arasında ve yatmadan önce tüketilmesinden kaçınılmalıdır.
6. Dışarıdan yüksek miktarda şeker eklenmiş besinlerin (kek, pasta, kurabiye, bisküvi, çikolata, bar, vb.) ve içeceklerin (gazlı/gazsız içecekler, hazır meyve suları, enerji içecekleri, spor içecekleri vb.) fazla tüketimi sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratabileceği için tüketimleri sınırlandırılmalıdır (Tayfur ve ark., 2016).

## KAYNAKALAR

- Anonim, 2020a. Sakkaroz, Glukoz, Fruktoz, [https://www.gidaraporu.com/sucroz-glucoz-fruktoz-dogal-sekerler\\_g.htm](https://www.gidaraporu.com/sucroz-glucoz-fruktoz-dogal-sekerler_g.htm) (Erişim tarihi: 28.08.2020)
- Anonim, 2020b. Sakkaroz, <https://www.foodelphi.com/tag/sakkaroz/>, (Erişim tarihi: 28.08.2020)
- Anonim, 2020c. Şeker, <http://gidamuhendisi.tripod.com/OZELGIDALAR.HTM>, (Erişim tarihi:28.08.2020)
- Anonim, 2020d. Dünyada Şeker Üretimi ve Tüketimi. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Şeker Pancarı Dosyası-2015. [https://www.zmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=25757&tipi=38&sube=0](https://www.zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=25757&tipi=38&sube=0)
- Anonim, 2020e. Sakkaroz. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Sakkaroz> (Erişim tarihi: 18.07.2020)
- Anonim, 2020f. Sakkaroz (Sükroz) Nedir? <https://webders.net/662/sakkaroz-sukroz-nedir.html> (Erişim tarihi: 15.07.2020)
- Anonim, 2020g. Şeker ve Sağlık İlişkisi Nedir? <http://www.nud.org.tr/beslenme-ve-saglik/seker-ve-saglik-iliskisi-nedir/> (Erişim tarihi: 25.08.2020)
- Anonim, 2020h. Beyaz Şekerin Dezavantajları Nelerdir? <https://www.arageek.com/l/%D9%85%D8%A7-%D9%87%D9%8A-%D9%85%D8%AE%D8%A7%D8%B7%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%B3%D9%83%D8%B1-%D8%A7%D9%84%D8%A7%D8%A8%D9%8A%D8%B6> (Erişim tarihi: 03.09.2020)
- Anonim, 2020i. Sukroz-sucrose. <https://tr.qwe.wiki/wiki/Sucrose> (Erişim tarihi: 01.09.2020)
- Anonim, 2020j. Sükroz. <https://www.kliniksaglik.com/d/1378/sukroz> (Erişim tarihi: 27.07.2020)
- Anonim, 2020k. Sakkaroz, Kaslarınızın Düşmanı. <https://www.fitnessandbeast.com/sakkaroz-kaslara-zarari/> (Erişim tarihi: 03.07.2020)
- Anonim, 2020l. Besin Ögeleri ve Besin Grupları. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Güzellik ve Saç Bakım Hizmetleri, Ankara, 71s. [http://gonenmem.meb.k12.tr/meb\\_iys\\_dosyalar/10/10/269812/dosyalar/2020\\_05/05162023\\_Besin\\_OYeleri\\_Ve\\_Besin\\_GruplarY\\_1.pdf](http://gonenmem.meb.k12.tr/meb_iys_dosyalar/10/10/269812/dosyalar/2020_05/05162023_Besin_OYeleri_Ve_Besin_GruplarY_1.pdf) (Erişim tarihi: 27.07.2020)
- Anonim, 2020m. Şekerin Vücuda Zararları. [http://www.ulkemkoleji.k12.tr/User\\_Files/editor/file/%C5%9Eeekerin%20V%C3%BCcudaya%20Zararlar%C4%B1.pdf](http://www.ulkemkoleji.k12.tr/User_Files/editor/file/%C5%9Eeekerin%20V%C3%BCcudaya%20Zararlar%C4%B1.pdf) (Erişim tarihi: 15.08.2020)
- Anonim, 2020n. Şekerin Vücudumuza Zararları. <https://www.ultimateturkiye.com/sekerin-vucudumuza-zararlari/> (Erişim tarihi: 12.07.2020)
- Anonim, 2020ö. Kalp hastalığı salgınının ardındaki sinsi düşman kolesterol hakkında sık sorulan sorular. <https://www.tkd.org.tr/menu/149/kalp-hastaligi-salgininin-ardindaki-sinsi-dusman-kolesterol-hakkinda-sik-sorul> (Erişim tarihi: 04.07.2020)
- Anonim, 2020p. Aşırı Şeker Tüketimi Kalp Sağlığının Düşmanı. [https://zekidoktor.com/asiri-seker-tuketimi-kalp-sagliginin-dusmani.html#Seker\\_Bir\\_Saglik\\_Dusmani\\_Multi\\_Yasam](https://zekidoktor.com/asiri-seker-tuketimi-kalp-sagliginin-dusmani.html#Seker_Bir_Saglik_Dusmani_Multi_Yasam) (Erişim tarihi: 12.08.2020)
- Anonim, 2020r. Hemen Şu An Şekeri Bırakıp Bir Daha Asla Tüketmemenize Yetecek 9 Neden. <https://yemek.com/sekerin-zararlari/> (Erişim tarihi: 24.08.2020)
- Anonim, 2020s. Şekerin Zararları Nelerdir? <https://hthayat.haberturk.com/saglik/beslenme/haber/1011508-sekerin-zararlari-nelerdir> (Erişim tarihi: 27.07.2020)
- Anonim, 2020ş. Şeker vücuda tamamen zararlı, hiçbir faydası yok. <https://haberegider.com/seker-vucuda-tamamen-zararli-hicbir-faydasi-yok/> (Erişim tarihi: 27.08.2020)
- Anonim, 2020t. Şeker Nedir? Şeker Hakkında Bilgiler. <https://www.neoldu.com/sekerin-zararlari-5194h.htm> (Erişim tarihi: 07.07.2020)
- Anonim, 2020u. Şekerin Sağlığımıza 10 Önemli Zararı! <https://www.hurriyet.com.tr/mahmure/galeri-sekerin-sagligimize-10-onemli-zarari-34942604/3> (Erişim tarihi: 02.09.2020)
- Anonim, 2020ü. Şekerin Zararları Nelerdir. <http://gundem24.com.tr/sekerin-zararlari-nelerdir/> (Erişim tarihi: 02.09.2020)
- Anonim, 2020v. Şekerin Zararları: Bağımlılık. <https://www.coskumutlu.com/sekerin-zararlari-bagimlilik/> (Erişim tarihi: 02.09.2020)
- Anonim, 2015. Karbonhidratlar. Millî Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi, Ankara, 56s. [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller/Karbonhidratlar.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller/Karbonhidratlar.pdf)
- Anonim, 2013. Karbohidratların Özellikleri. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Gıda Teknolojisi, Ankara, 55s. [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/moduller\\_pdf/Karbohidratlar%C4%B1n%20%C3%96zellikleri.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Karbohidratlar%C4%B1n%20%C3%96zellikleri.pdf)

- Büyüközer, H.K., 2017. “Sakkaroz, Glukoz, Fruktoz Hakkında Tüketiciler Yanlış Bilgilendiriliyor”  
<https://www.milliyet.com.tr/yerel-haberler/istanbul/dr-buyukozer-sakkaroz-glukoz-fruktoz-hakkinda-tuketiciler-yanlis-bilgilendiriliyor-12060877> (Erişim tarihi: 03.09.2020)
- Coşkun, Ş., 2002. Şeker ve Tatlandırıcılar. <http://www.sufizmveinsan.com/tip/tatlandirici.html> (Erişim tarihi: 03.09.2020)
- Çalışkan, M.E., 2020. Şeker pancarı. Mustafa Kemal Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bitki Fizyolojisi Ders Notları. <http://www.mku.edu.tr/files/898-dfe752ff-e965-425e-95f4-443f56acba11.pdf>
- Çiftçi, E.Ş., 2019. İstanbul İlinde Şeker ve Şekerli Mamüller Tüketim Alışkanlıklarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 87s.
- DSÖ, 2015. Rehber: Yetişkinler ve Çocuklarda Şeker Tüketimi. 51s, ISBN: 978 92 4 154902 8. <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/rehberler/Yetiskinler-ve-Cocuklarda-Seker-Tuketimi-Rehberi.pdf>
- Fedai, R., 2016. Bir Politika Alanı Olarak Şeker ve Şeker Pancarı. Tarih Okulu Dergisi, 9(28):455-471. DOI:10.14225/Joh966
- Jiang, Y., Pan, Y., Rhea, P., Tan, L., Gagea, M., Cohen, L., 2016. A Sucrose-Enriched Diet Promotes Tumorigenesis in Mammary Gland in Part through the 12-Lipoxygenase Pathway. Cancer Research, 76(1):24-29.
- Kızılaslan, N., 2017. Tatlandırıcılar ve Metabolizma Hastalıklarıyla İlişkisi. Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(2):191-198.
- Mutlu, C., Erbaş, M., Tontul, S.A., 2017. Bal ve Diğer Arı Ürünlerinin Bazı Özellikleri ve İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri. Akademik Gıda, 15(1):75-83.
- Özbayer, V., 1972. Diş Çürükleri ve Beslenme. Beslenme ve Diyet Dergisi, 1(1):48-52.
- Tayfur, M., Besler, H.T., Kızıltan, G., Yıldız, E., Öztürk, B., Türker, P.F. ve ark., 2016. Tüketiminin Azaltılması Gereken Besinler ve Besin Ögeleri. Türkiye Beslenme Rehberi 2015 (TÜBER). T.C. Sağlık Bakanlığı, 1. Baskı, Ankara, Kayhan Ajans, s.68-71.
- Tosun, F., 2017. Ürün Raporu, Şeker Pancarı. T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, TEPGE yayın no: 291, ISBN: 978-605-9175-96-8.

## Sofra tuzu (sodyum klorür) tüketiminin insan sağlığı üzerine etkisi

Mustafa Satouf<sup>1\*</sup>(ORCID:[https://orcid.org/\(0000-0002-8349-4899\)](https://orcid.org/(0000-0002-8349-4899))), Mehmet Köten<sup>2</sup>  
(ORCID:[https://orcid.org/\(0000-0002-8232-8610\)](https://orcid.org/(0000-0002-8232-8610)))

<sup>1</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Kilis, Türkiye

<sup>2</sup>Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Yusuf Şerefoğlu Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü,  
Kilis, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: mustafasatouf@kilis.edu.tr

### Özet

Besinlerin pek çoğunun bileşiminde bulunan sodyum, doğal yiyecek tuzu olarak adlandırılır. Sofra tuzunun asıl adı “sodyum klorür (NaCl)”dür. Vücutta sıvı dengesinin ve dolayısıyla kan basıncının düzenlenmesinde, asit-baz dengesinin sağlanmasında ve sinir-kas sisteminde uyarıların iletilmesinde tuzun önemli görevleri bulunmaktadır. Aynı zamanda antiseptik özelliği de olan tuz, tümünü yok etmese de, nem miktarını büyük oranda düşürerek gıdaların bozulmasına neden olabilecek bakterilerin üremesini kontrol altında tutar; bu özelliğinden faydalanarak çeşitli gıdaların saklanması, koruyucu olarak kullanılır. Ancak aşırı miktarda tüketildiğinde birçok sağlık problemine neden olmakta ve insan sağlığını olumsuz etkileyen bir halk sağlığı problemine dönüşmektedir. Günlük tuz tüketiminin 5 g’dan az tutulması önerilmektedir. Türkiye’de tuz tüketiminin günlük 15 g olduğu bildirilmektedir. Ülke genelinde tuz tüketiminin azaltılması için çalışmalar başlatılmıştır. İşlenmiş besinlerdeki tuzun azaltılması, etiket bilgilerinde daha ayrıntılı bilgi paylaşımı ve toplumun bilinçlendirilmesi gibi çalışmaların ardından aşırı tuz tüketimiyle ilişkili hastalıkların prevalansının azalacağı öngörülmektedir. Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de iyot yetersizliği ve özellikle guatrın önlenmesinde en iyi yöntem tuza iyot eklenmesidir. İyotlu tuz kullanımı, iyot yetersizliği hastalıkları ile bebek ve çocuklarda büyüme, zekâ geriliğinin önlenmesinde etkilidir. Bu çalışmada; tuz gereksinmesi, tuz kaynakları, tuz tüketimi ve sağlıkla ilişkisi konularında bilgiler derlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Sodyum klorür, sofratuzu, sağlık, hipertansiyon

### The effect of table salt (sodium chloride) consumption on human health

#### Abstract

Sodium, which is in the composition of many foods, is called natural food salt. The real name of table salt is "sodium chloride (NaCl)". Salt has important roles in regulating fluid balance and therefore blood pressure, maintaining acid-base balance, and transmitting stimuli in the nervous-muscular system. In addition salt has an antiseptic property and it is keeping the growth of bacteria that can spoil food under control by greatly reducing the amount of moisture, in spite of it does not destroy all of it; we can take advantage of this feature and use it as a preservative in the preservation of various foods. However, when it is consumed in excessive amounts, it causes many health problems and turns in to a public health problem that negatively affects human health. It is recommended that daily salt consumption be kept less than 5 g. While in Turkey, it is reported that the daily consumption of salt is about 15g. Therefore, many studies have been initiated to reduce salt consumption across the country. It is predicted that the prevalence of diseases is associated with excessive salt consumption will be decreased after studies, such as reducing salt in processed foods, sharing more detailed information in label information and raising public awareness. As in many countries, the best method to prevent iodine deficiency and especially goiter in our country is adding iodine to salt. The use of iodized salt is effective in preventing iodine deficiency diseases and growth and mental retardation of infants and children. In this study; the information of salt requirement, salt sources, salt consumption and its relationship with health were collected.

**Keywords:** Sodium chloride, table salt, health, hypertension



## GİRİŞ

Tuz uygarlık tarihi bakımından önemi olan ve tarih öncesinden beri bilinen değerli bir (mineral) madendir. İnsan ortaya çıktıktan kısa bir süre sonra tuzu kullanmayı öğrenmiş ve önemi günden güne artmıştır. Binlerce yıl önce insanlar çok az miktarda (0.1-0.5 g/gün) tuz içeren bir diyetle beslenmekte ve diyetlerinin %50'sini et ve %50'sini sebze oluşturmaktaydı. Tarımın gelişmesiyle birlikte et tüketimi azalırken sebze tüketimi %90 oranına kadar ulaşmış ancak insanların tükettikleri tuz miktarında önemli bir değişiklik olmamıştır. Tuzun işlenmesi ile ilgili ilk faaliyetler ise 8000 yıl öncesine dayanmaktadır. Başlarda üretimi sınırlı olan tuz çok değerli ve kullanımı lüks olarak görülmekteydi ancak ilerleyen zamanlarda maden ocaklarından tuz elde edilmeye başlanmasıyla birlikte tuz daha kolay bulunan ucuz bir madde haline gelmiştir. Tuz ilavesiyle et ve diğer mevsimlik gıdaların kış aylarında da muhafaza edilebileceğinin anlaşılması tuza gıda alanında büyük önem kazandırmıştır. 19. yüzyılın sonlarına doğru soğutucuların icat edilmesiyle, tuzun koruyucu amaçlı kullanımı azalmış ve tüketicilerin gıda yoluyla aldığı tuz miktarı giderek düşmüştür ancak günümüzde insanların yüksek oranda gizli tuz içeren işlenmiş gıdaları yaygın olarak tüketmesi tuz alımını tekrar arttırmıştır. Son iki yüz yıl içinde sağlık dahil bir çok alanda tüketilen bir madde durumuna gelen tuz, günümüzde besin eklemesinden daha çok endüstriyel amaçla kullanılmaktadır (Anonim, 2016a; Akgün ve ark., 2018).

Sofra tuzu sodyum ve klorür iyonlarından oluşan basit ama hayati bir maddedir. Mutfakta kullanımının yanı sıra tarım, hayvancılık, gıda, tıp ve sanayinin birçok alanında önemli rol oynamaktadır. Denizler, tuzlu göller ve tuzlu su kaynaklarında sıvı veya kaya tuzu şeklinde katı hâlde bulunmaktadır. Besinlerle birlikte doğal olarak da vücuda alınmaktadır. Tarih boyunca adından sıkça söz edilen, hayati önem taşıyan bu mineral, lezzet vermenin yanı sıra, vücut sıvılarında olması gereken sodyumun da en önemli kaynağıdır. Sodyumun organizmada birçok işlevi bulunmaktadır. Bunlardan bazıları; kan basıncının düzenlenmesi, sinirlerin uyarılması ve sıvı-elektrolit dengesinin sağlanmasıdır. Fazla tüketimi hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, osteoporoz, böbrek hastalıkları ve obezite gibi birçok hastalıkla ilişkili bulunmuştur. Günlük tuz tüketiminin 5 g'dan az tutulması önerilmektedir. Türkiye'de tuz tüketiminin günlük 15 g olduğu bildirilmektedir. Ülke genelinde tuz tüketiminin azaltılması için çalışmalar başlatılmıştır. İşlenmiş besinlerdeki tuzun azaltılması, etiket bilgilerinde daha ayrıntılı bilgi paylaşımı ve toplumun bilinçlendirilmesi gibi çalışmaların ardından aşırı tuz tüketimiyle ilişkili hastalıkların prevalansının azalacağı öngörülmektedir. Günümüzde piyasada çok çeşitli tuzlar satılmaktadır. Kaya tuzu, Himalaya tuzu, deniz tuzu, bambu tuzu, rafine tuzu bunlardan sadece birkaçıdır. Bu tuzların sağlık üzerine etkilerinin daha ayrıntılı araştırmalar ile ortaya konulması gerekmektedir (Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018).

Sodyum klorür (NaCl) olarak adlandırılan sofraya tuzu, saf hâldeyken %40 sodyum ve %60 klorür iyonlarından oluşmaktadır. Besinlerin çoğunda doğal olarak bulunan sodyum tuzla işlenmiş besinler, kabartma tozu ve karbonatta da mevcuttur (Besler ve ark., 2015; Baysal, 2014). Maden sularında kaynağına göre değişmekle birlikte, 10-1.300 mg/L sodyum olduğu bildirilmektedir (Paplović ve ark., 2015). Lezzet verici özelliği nedeni ile besin hazırlama ve pişirmede kullanılan tuz, besinlerin dayanıklılığının artırılması ve saklanması da kullanılmaktadır. Örneğin; zeytin, peynir, sucuk, pastırma gibi besinlerin üretiminde, turşu ve konserve yapımında, besinlerin salamura edilmesinde vazgeçilmezdir. Tuz, antiseptik olması ve nem çekici özelliğinden dolayı besinlerde bozulmaya neden olan bakterilerin üremesine engel olmaktadır (Besler ve ark., 2015; Tayfur ve ark., 2016). Son yıllarda çok çeşitli tuzların piyasaya arz edilmesi sonucu taleplerin de buna göre şekillendiği düşünülmektedir. Tuzun miktarı kadar çeşidinin de önemli olduğu; bilinçsiz tuz tüketiminin sağlık üzerine zararlı etkilerinin olacağı ileri sürülmektedir (Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018). Bu çalışmada; tuzun beslenmedeki yeri, tuz ve sodyum gereksinimi, sodyum kaynakları, sağlıkla ilişkisi konularında bilgiler derlenmiştir.

## SOFRA TUZU NEDİR?

Yüzyıllardan beri insanlar için büyük bir önemi olan tuz (sodyum klorür) ve sodyum kavramları birbiri ile karıştırılmamalıdır. Besinlerin doğal olarak yapısında bulunan sodyuma doğal yiyecek tuzu da denmektedir. Tuz ise denizlerden, göllerden ve kayalardan saf olarak elde edilip, rafine edildikten sonra besin hazırlamada masa tuzu veya sofraya tuzu olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2016b). Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'ne göre sofraya tuzu; doğrudan tüketiciye sunulan, ince öğütülmüş, iyotla zenginleştirilmiş, rafine edilmiş veya edilmemiş işlenmiş tuzdur. Tebliğ'de sofraya tuzu ile ilgili kurallar şu şekilde ifade edilmektedir; 1) Homojen olur ve tane büyüklüğü; göz açıklığı 1000 µm'lik elekten tamamı, 210 µm'lik elekten ise en çok % 20'lik kısmı geçecek büyüklükte olur. 2) Sofra tuzuna 25-40 mg/kg oranında potasyum iyodat katılması zorunludur. İyot

için belirlenmiş üst limit + 3 mg/kg farklılık gösterebilir. 3) İyot tüketmemesi gereken kişiler için iyotsuz sofrata tuzu üretimi yapılabilir (Anonim, 2013).

Sofra tuzu, saf halde iken %40 sodyum ve %60 klordan oluşmaktadır. Sertliği 25 olup, özgül ağırlığı 2.1 – 2.35 g/cm<sup>3</sup> aralığında değişmektedir. Erime noktası 800.8 °C, kaynama noktası 1412 °C'dir. Doğadan üretildiği şekliyle rengi gri, sarı, kırmızı hatta mavi ve yeşildir. Ancak saf halde iken tuz, renksizdir. Sofra tuzu genellikle deniz tuzunun pürifikasyonu ile elde edilmektedir. Üretim esnasında akışkanlığı sağlayan sodyum aminosalisilat, magnezyum karbonat, nem alıcı silika, aktif kömür, kalsiyum klorür ve çoğunlukla endemik eksikliği engellemek için iyot ilave edilerek ticari kullanıma sunulmaktadır. Bir gram NaCl: 0,4 gram sodyum, 2,5 gram tuz: 1 gram sodyum içermektedir (Ergin, 1988; Gençtoy, 2017).

### **TUZ KAYNAKLARI ve TUZ ÇEŞİTLERİ**

Ekonomik bir değer taşıyan tuz kaynakları katı ve sıvı olarak ikiye ayrılmaktadır. Tuz sıvı halde denizlerde, göllerde, tuzlu su kaynaklarında ve tuzlu su kuyularında bulunmakta olup katı halde kaya tuzu şeklindedir. Tuz, besinlerin doğal bileşiminde bulunduğu gibi, deniz tuzu (deniz suyunun buharlaştırılması ile elde edilir) ve kaya tuzu (halite, göl yataklarından veya toprak altından elde edilir, kurutulur) olarak da elde edilir. Türkiye'de ham tuz üretimi 4 değişik doğal kaynak kullanarak yapılmaktadır. Bunlar;

- a) Deniz suyundan tuz üretimi
- b) Göl suyundan tuz üretimi
- c) Kaya (Yeraltı Madenciliği) yöntemiyle tuz üretimi
- d) Kaynak (Yeraltı) suyundan tuz üretimi (Anonim, 2016a; Anonim, 2020a).

İnsan metabolizması gündelik işlevi için gereken tuz miktarı günlük aldığı besinlerle karşılanabilecek düzeyde olduğu halde tuz iştahı ve tuzlu gıda tercihi sonradan öğrenme ile modifiye edilebilmektedir. Günümüzde gıda korunması için modern soğutucu ve dondurarak saklama metodları tuz ile yiyecek koruma ihtiyacını azaltsa da öğrenme sonucu tuz tüketimi ve hazır raf gıdalarındaki koruyucu tuzların halen mevcudiyeti tuz tüketiminin yüksek kalmasına neden olmaktadır. Dünya çapında tuz alımının kaynakları incelendiğinde %68 hazır işlenmiş gıdalardan, %15 restoran-kafe gibi yerlerde tüketilen gıdalardan, %13 pişirme veya yeme sırasında tuz ekleme ile ve %4 gıdaların içinde bulunan doğal tuzdan oluştuğu saptanmıştır (Gençtoy, 2017).

Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği'ne göre tuz, çıkarıldığı kaynağa göre kaya tuzu, deniz tuzu, göl tuzu ve yer altı kaynak tuzu olarak; tüketimine göre ise gıda sanayi tuzu, sofrata tuzu, işlenmiş tuz, sofrada öğütme tuz ve iri salamura tuz şeklinde sınıflandırılmaktadır (Anonim, 2013). Ayrıca, Tuz Tebliği'nde yer almayan Himalaya tuzu, bambu tuzu ve diğer tuzlar (folik asit ilaveli tuz, gurme tuzları, sebze tuz karışımları, sarımsaklı tuz ve baharatlı tuz) da tüketilmektedir (Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018).

### **TUZUN BESİN DEĞERİ**

Türkiye'de üretilen ve tüketilen, işlenmiş-işlenmemiş tarımsal ürünlerin, besin öğeleri bileşimlerinin ve enerji değerlerinin yer aldığı Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı TürKomp'ta iyotlu sofrata tuzunun bileşimi Tablo 1'de verilmiştir (Anonim, 2020b). Tuz ve sodyum kaynakları farklıdır. Sodyum işlem görmemiş besinlerin doğal yapısında bulunur. Günümüzde kullanılan sofrata tuzunun ise büyük bir kısmı sodyum tuzu (sodyum klorür)'dur. Sofrata tuzunun her 1 gramı 400 mg sodyum içermektedir. Fikir vermesi açısından bazı besinlerin 100 gramındaki sodyum miktarına ilişkin bilgiler de Tablo 2'de verilmiştir (Baysal, 2014).

### **SOFRATA TUZUNUN FAYDALARI (KULLANIM ALANLARI)**

Tuz, gıda zehirlenmesi ve gıdaların bozulmasına neden olabilecek bakterilerin büyümesine karşı koruyucu olarak kullanılan geleneksel temel bir engelleyicidir. Bu nedenle tuzun besinlere lezzet verme dışında besin saklamada da önemli rolü vardır. Şekerden sonra en önemli saklama aracı tuzdur. Tuzlama veya tuzlama ile kurutma, balık ve bazı sebzelerin saklanmasında kullanılmaktadır. Tuz antiseptiktir. Her ne kadar bütün bakterileri yok etmese de, nem miktarını önemli ölçüde düşürerek bozulmayı yapan bakterileri denetim altında tutar. Tuz, suyun ozmotik çekilmesiyle kurutucu olarak etki eder. Tuzlanmış ve kurutulmuş et ve balıklarda, bakteri ve enzim etkisi durdurulur. Süt, peynir haline geldikten sonra %16'lık tuzlu salamura ile saklanır. Yeşilbiber, yeşil fasulye, yeşil domates, salatalık, lahana, karnabahar gibi sebzeler, genellikle %15'lik tuzlu salamura içerisinde saklanır. Bu yoğunluktaki tuz çözeltisinde çok az mayalanma olur, fakat korunma sağlanır. Bu şekilde hazırlanmış yiyecek "turşu" diye tanımlanır. Günümüzde birçok kürlenmiş besinde, koruyucu

olarak tuz veya sodyum içeren bileşikler (sodyum nitrat gibi) kullanılmaktadır. Örneğin; sucuk ve konserve et kürlenmiş besinlerdir. Birçok besinde doku yapısına tuzun etkisi vardır. Örneğin; tuzlu mayalı ekmeklerde daha iyi bir yapı oluşurken, tuzsuz yapılanlar daha sert olurlar. Pastacılıkta gluten yapısının güçlendirilmesinde tuz önemlidir (Ayaz, 2008; Anonim, 2016a).

**Tablo 1.** İyotlu sofraya tuzunun besin değeri\* (Anonim, 2020b)

Bileşen	Ortalama	Birim	
Enerji	1	kcal	
Enerji	4	kJ	
Su	0.04	g	
Kül	99.74		
Protein	0.00		
Azot	0.00		
Yağ, toplam	0.00		
Karbonhidrat	0.22		
Lif, toplam diyet	0.00		
Tuz	93521		mg
Demir, Fe	0.55		
Fosfor, P	0		
Kalsiyum, Ca	40		
Magnezyum, Mg	3		
Potasyum, K	10		
Sodyum, Na	37409		
Çinko, Zn	1.34		
Iyot, I	950.81	µg	
Selenyum, Se	6.1		

\*Bileşen değerleri gıdanın yenilebilir 100 g'ı içindir.

**Tablo 2.** Bazı besinlerin 100 gramındaki sodyum miktarı (Baysal, 2014)

Besin	Sodyum (Na) İçeriği (mg)	Besin	Sodyum (Na) İçeriği (mg)
Tuzlanmış tereyağı	900-1000	Domates	2-3
Salamura zeytin	1500-5500	Ispanak	70-75
Ekmek	500-600	Lahana	20-25
Bisküvi çeşitleri	900-1500	Marul	25-30
Patates	3-4	Maydanoz	45-50
Peynir	600-800	Patlıcan	2-3
Süt	50-60	Enginar	40-45
Tavuk eti	50-55	Elma	1-2
Sığır eti	65-70	Muz	1-2
Kuzu eti	70-75	Portakal	1-2
Karaciğer	115-120	Fındık	2-3
Yumurta	120-125	Kahve (çekilmiş)	70-75
Kurubaklagil	20-25	Kabartma tozu	10000
Taze fasulye	6-7	Havuç	45-50

Tuzun faydalarını özetle şu şekilde sıralanabilir:

- 1) Yemeklere tat kazandırır.
- 2) Besinlerin saklanması, salamura ve tuzlamalarda kullanılabilir.
- 3) Doku ve görünüşü geliştirir.
- 4) Vücudun iyot ihtiyacını karşılamasını sağlar.
- 5) Vücudun asit-baz dengesini korur.
- 6) Vücudun elektrolit dengesini sağlar.
- 7) Solunum ve sindirim sisteminin çalışmasında olumlu etkileri vardır.
- 8) Aşırı sıcakta kalan kişilerde, kas krampları meydana gelir. Bu kramplarda tuzlu su eriyikleri verilerek hasta tedavi edilebilir.

- 9) Tansiyon düşüklüğünde dengeleyici bir etkiye sahiptir.
- 10) İdrara çıkma oranını artırarak metabolizmanın hızlanmasına ve vücuttaki atıkların daha çabuk dışarı çıkmasına yardım eder.
- 11) AgNO<sub>3</sub> ve bromürlerle olan zehirlenmelerde tuz hastayı tedavi amacıyla kullanılabilir.
- 12) Tuz aynı zamanda antiseptik, yani mikrop öldürücüdür (Ergin, 1988; Tayfur ve ark., 2016).

Vücudumuzda, protein, yağ, karbonhidratlar ve su ile birlikte; kalsiyum, fosfor, sodyum, klor, potasyum, kükürt, magnezyum gibi iyonlar bulunur. Bunlardan sodyum, klor, potasyum ve kalsiyum iyonları vücudun elektrolit dengesini sağlarlar. Bu iyonların insan vücudunda belirli bir değerden az veya fazla olması, elektrolitik dengeyi bozacağından, vücutta bir takım rahatsızlıklara neden olmaktadır. Bilindiği üzere sodyum plazmanın başlıca bazıdır; asit-baz dengesi ve osmotik basıncı sağlama açısından da fiziko-kimyasal aktivite gösteren en önemli elementidir. Vücutta özellikle hücre dışı sıvılarda iyon olarak bulunur. Toplam sodyumun 1/3ü kemiklere bağlıdır. Sodyum organizmayı su kaybından korur, kasın normal uyarılmım sağlar ve hücre permeabilitesini dengeler, Cl ve HCO<sub>3</sub> ile birlikte de asit baz dengesini düzenler. Na<sup>+</sup> miktarı, besinlerde değişik oranlarda bulunmaktadır. Na<sup>+</sup> miktarı yüksek olan yiyecekler; ekmeke, unlu hazır besinler-tahıllar, peynir, yumurta, karnabahar, havuç, kereviz, süt, midye, ıspanak, erik, fındık... vb. dir (Ergin, 1988).

Sofralara gelen tuz fabrikada üretim esnasında içinde iyot eksik olur. Tiroit büyümesi dediğimiz guatr hastalığı için iyotlu sofrata tuzu iyi gelirken, diğer kronik dejeneratif ve nörodejeneratif hastalıkların önünü almaya yeterli ve etkili olamamıştır. Fabrikasyon olarak işlenmiş ve paketlenmiş satılan tuzlarda ise zaten iyot yoktur. Bu nedenlerle, örneğin 1971 ve 2001 yılları arasında ABD’de İyot alınımının %50 oranında azaldığı bildirilmiştir. Aynı süre içinde kronik hastalıkların görülme oranının da çok hızlı bir şekilde artmıştır (Karatay, 2020). En iyi iyot kaynakları deniz balıkları (832-1220 mcg/kg), midye (798 mcg/kg), deniz yosunu (1000-2000 mcg/kg) ve deniz tuzudur (1.4 mg I/kg'a kadar). Bu alım miktarına göre hesaplama yapıldığında deniz tuzundan sağlanan iyot miktarının çok düşük olacağı görülmektedir. İyot gereksinmesi önerilen günlük iyot alım miktarı yetişkin bireyler için ortalama 150 mcg, gebe ve emzikli kadınlar için 250 mcg/kg'dır (Tayfur ve ark., 2016). Ülkemizde sofrata tuzuna 25-40 mg/kg potasyum iyodat katılması zorunlu kılınmıştır. Basit guatr oluştuğundan sonra iyotlu tuz kullanımının etkisi yoktur. İyotlu tuz, hastalığın oluşmasını ve gelişmesini önlemektedir. İyotlu tuzun 1 gramında yaklaşık 70 mikrogram iyot vardır. Zekâ geriliğini ve beyin hasarını önler. Okul başarısını artırır (Ayaz, 2008; Tayfur ve ark., 2016).

#### SOFRA TUZU TÜKETİMİ ve ZARARLARI

Hücre dışı sıvının ana katyonu olan sodyum, vücutta birçok işleve sahiptir. Sodyum organizmada; elektrolit, sıvı, asit-baz dengesinin sağlanması, normal kas hareketlerinin sürdürülmesi, sinirlerin uyarılması, kan basıncının düzenlenmesi gibi önemli işlevleri olan bir mineraldir. Aşırı tuz tüketimi ile hipertansiyon, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, osteoporoz, obezite, böbrek hastalıkları, multipl skleroz (MS), akciğer inflamasyonu, katarakt ve diğer hastalıklar arasında ilişki olduğu gösterilmiştir (Besler ve ark., 2015; Tayfur ve ark., 2016).

Dünya Sağlık Örgütü hipertansiyon, kalp hastalıkları, böbrek hastalıkları başta olmak üzere obezite, diyabet ve bazı kanser türlerinden korunmak ve kemik sağlığını olumsuz etkilememek amacıyla günlük olarak tüketilmesi gereken tuz miktarını günde 5 g'dan az (2 g'dan az sodyum) olarak önermektedir (Anonim, 2016b). Yaşa göre tüketilmesi gereken tuz ve sodyum miktarları farklılık göstermektedir (Tablo 3) (Wyness ve ark., 2011). Aşırı terleme, ishal ve kusma durumlarında vücutta sodyum kaybı olmaktadır. Bu nedenle çok fazla terleyenler, ağır işlerde çalışanlar veya sıcak iklim bölgelerinde yaşayan bireylerin, günlük beslenmeleriyle tükettikleri suyun her bir litresi için fazladan 2 g NaCl eklemeleri önerilmektedir (Aksoy, 2011). Aşırı kusma ve ishal durumlarında verilen ağızdan sıvı tedavisinin 3.5 g tuz, 2.5 g karbonat, 1.5 g potasyum kloroid, 20 g glukoz içermesi vücuttan atılan minerallerin yerine konulmasını sağlamaktadır (Baysal, 2014).

Dünyanın birçok ülkesinde tuz ve sodyum tüketiminin incelendiği çalışmalarda, hem tuzun hem de sodyumun önerilenin üzerinde olduğu; gelişmekte olan ülkelerde, kent ve kırsal kesim fark etmeksizin tuz tüketiminin 7-42 g/gün arasında değiştiği gösterilmiştir (Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018). Dünyada kişi başına günde ortalama 9-12 g tuz tüketilirken, Türkiye’de ortalama tuz tüketimi sağlıklı bir insanın alması gereken oranın yaklaşık üç katından fazladır (Anonim, 2016b). Ülkemizde 2008 yılında Türkiye Hipertansiyon ve Böbrek Hastalıkları Derneği tarafından 14 ilde 1970 kişi üzerinde yapılan ve Türk Toplumunda Tuz Tüketimi Çalışması “SALTurk” adı verilen çalışmada, tuz tüketiminin ortalama 18 g/gün olduğu görülmüştür (Erdem ve ark., 2010). 2012 yılında tekrarlanan çalışma sonucunda da günde 15 g olarak bulunmuştur. Kadınlar erkeklere göre, köyde yaşayanlar, kentte yaşayanlara göre daha fazla tuz tüketmektedir. Bu çalışmanın sonucuna göre tüketilen tuzun sadece 0.25 g besinlerin doğal yapısından gelen sodyumdur. Sodyumun çoğunlukla sofrata tuzu

şeklinde yiyeceklerle tüketildiği, en fazla yemekler (%57) ve ekmeğe (%30) eklendiği, daha sonrada besinlerin hazırlanması sırasında (turşu, peynir, salam, sucuk, konserve ve hazır gıdalar) eklenen tuzdan geldiği belirlenmiştir (Anonim, 2016b).Yapılan bazı çalışmalarda tuz tüketiminin yaş, cinsiyet ve ağırlığa göre değiştiği belirlenmiştir. Örneğin; Fransa’da erişkinlerle yapılan bir çalışmada, erkeklerin kadınlardan, obezlerin normal ağırlıklı bireylerden daha fazla tuz tükettikleri gözlenmiştir. Portekiz’de yaş aralığı sekiz-dokuz yıl olan çocuklar üzerinde yapılan bir araştırmada, benzer şekilde erkek çocukların kızlara göre, obez olanların normal ağırlıklı çocuklara göre daha yüksek miktarda tuz tükettikleri ve bu miktarın önerilen düzeyin üzerinde olduğu saptanmıştır (Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018). Tuz tüketimine neden olan besinlerin sodyum içerikleri Tablo 2’de görülmektedir (Baysal, 2014).

**Tablo 3.** Yaşa göre tüketilmesi önerilen günlük tuz ve sodyum miktarları

Yaş	Tuz (g)	Sodyum (mg)
0-6 ay	<1	<400
7-12 ay	1	800
1-3 yaş	2	1200
4-6 yaş	3	1600
7-10 yaş	5	2000
≥11 yaş	6	2400

Normal miktarlarda kullanılan sofraya tuzu, deniz tuzu, kaya tuzu ve kristal tuz gibi vücut için yararlıyken, aşırıya kaçıldığında zararlı hale gelebilir. Fazla tuz tüketimi kan basıncının artarak yüksek tansiyon, kalp ve damar sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Aşırı tuz kullanımı sonucu vücut normalden daha fazla sıvı tutar; bu da kilo alımı ve şişkinliği meydana getirir. Fazla tuz tüketilmesi, fazla sodyum tüketilmesi anlamına gelir (Anonim, 2015)

Fazla tuz tüketimi vücutta su tutulmasına neden olmaktadır. Vücutta su miktarı arttıkça kan basıncı da artarak hipertansiyon ortaya çıkmaktadır. Öte yandan fazla tuz alınması böbrek üstü bezinden “Ouabain” adlı bir hormonun salgılanmasına neden olmaktadır. Bu hormon atardamarlarda büzüşmeye yol açarak, kan basıncını yükseltmektedir (Anonim, 2016c).

Vücutta sodyum birikimi, ödeme ve kan basıncının artmasına neden olur. Sağlık açısından değerlendirildiğinde; sodyum organizmada sıvı ve elektrolit dengesi ile kan basıncının düzenlenmesinde rol oynar. Ancak fazla tuz tüketiminin yüksek kan basıncı (yüksek tansiyon) ile ilişkili olduğu hatırlanmalıdır. Fazla tuz tüketimi, idrarla kalsiyum atımını artırabilir. Bu durum kemiklerden kalsiyum çekimini artırarak kemik mineral yoğunluğunu azaltır, osteoporoz ve kırık riskini artırır. Ayrıca fazla tuz tüketimi mide kanseri ve böbrek hastalıkları ile de yakından ilişkilidir. Bu nedenle yiyeceklerin tadına bakmadan tuz eklenmemeli ve fazla tuzlu besinler tüketilmemelidir (Besler ve ark., 2015).

Her ne kadar tuz kısıtlamasının kan basıncını düşürdüğü ve kardiyovasküler hastalık riskini azalttığı söylenece de aşırı tuz kısıtlamasının da olumsuz etkileri olduğu bildirilmiştir. Tuz tüketimi ile kardiyovasküler hastalık arasındaki ilişkinin değerlendirildiği çalışmalarda, en düşük ve en yüksek risklerin sırasıyla 3-5 g/gün ve <3 g/gün tuz tüketimi ile olduğu rapor edilmiştir. Kalp hastalarında aşırı tuz kısıtlamasının ölüm riskini artırdığı düşünülmektedir. Tuzun sadece sodyumdan ibaret olmadığı, klorun da vücut çalışmasında önemli işlevleri olduğu söylenmektedir (Öztürk ve Garipağaoğlu, 2018).

### **TUZ TÜKETİMİNİ AZALTMANIN YOLLARI (Anonim, 2016a)**

2003 yılında ilk defa tuz tüketiminin azaltılması ile ilgili olarak WHO ve FAO’nun yayınladığı raporda toplum düzeyinde tuz alımının azaltılması ve tuzun yeterli bir şekilde iyotla zenginleştirilmesi ile birlikte günlük kişi başı 5 gram tuz tüketimi önerilmiştir. WHO 2006 yılında bu öneriyi güncellemiş, 2013’te yetişkinler için günlük önerilen tuz tüketimi miktarı 5 gram olarak yeniden vurgulanmış ve 2 yaş altı çocuklardaki mümkün olabilir günlük tuz tüketim miktarları güncellenmiştir. Dünya Sağlık Örgütü 2016 yılında yayınladığı raporda dünyadaki ülke çalışmalarını değerlendirmiş ve tuz tüketimini azaltılması için yürütülen programların başarılı olması için temel elementlerin neler olacağını açıklamıştır. Söz konusu rapora göre tuz tüketiminin azaltılması için önemli müdahaleler 5 başlık altında toplanmıştır;

1. Tuz kullanımının sürveyans, ölçüm ve izlenmesi
2. Gıdalarda ve öğünlerdeki tuzun daha az olması için reformülasyon konusunda gıda endüstrisinin teşviki
3. Etiketleme ve pazarlama için standartların benimsenmesi, gıdaların doğru ve etkili etiketlenmesi ve pazarlanması için standartların uygulanması
4. Toplumun daha az tuz tüketmesi için bilgi, eğitim ve iletişim ile güçlendirilmesi
5. Sağlıklı beslenmeyi teşvik eden çevrelerin oluşturulması

Bu çerçevede ülkelerin tuz azaltma ile ilgili çalışmalarına yön vermesi önerilmektedir.

2008 yılında yapılan SalTURK-1 çalışmasında ülkemizdeki yetişkin kişi başına günlük tuz tüketimi 18 g olarak belirlenmiştir. . Bu miktar DSÖ Avrupa bölgesindeki çoğu ülkenin 8-12 g olan ortalamasından fazladır ve Dünya Sağlık Örgütü'nün önerdiği maksimum günlük tüketim miktarının 3 katıdır. 2012'de tekrar edilen çalışmada (SalTURK-2) tüketimin %16'lık bir düşüşle günde 15 grama gerilediği görülmüştür.

Ancak bu değerlerde ülkemizde tuz tüketiminin halen önerilen değerlerin 3 katı kadar olduğunu göstermektedir. Fazla tuz tüketimi yüksek kan basıncı artışına neden olmaktadır. Yüksek kan basıncı ise ülkemizde ölümlerin ve hastalık yükünün en önemli nedeni olan kalp hastalıklarının önde gelen risk faktörüdür. Ayrıca mide kanseri, osteoporoz, böbrek hastalıkları ile yakından ilişkilidir. Halk sağlığının korunması ve hastalıkların oluşumunun önlenmesinde multi disiplinler bir yaklaşım ile toplumumuzda tuz tüketiminin kademeli olarak önerilen seviyelere düşürülmesi için tuz tüketiminin azaltılmasına yönelik ulusal bir programın hazırlıkları başlamıştır.

Bu çerçevede "Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Eylem Planı, 2011-2015" oluşturulmuş ve eylem planı çerçevesinde tuz tüketiminin azaltılmasına yönelik aktiviteler gerçekleştirilmiştir.

- Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği (2012) uyarınca ekmekteki tuz oranı %25 azaltılmıştır. 100 g' da tuz miktarı 2 gramdan 1.5 grama düşürülmüştür.
- Pastırmadaki tuz oranı 100 g kuru malzemede 8.5 gramdan 7 grama düşürülmüştür (Türk Gıda Kodeksi Et ve Et Ürünleri Tebliği, 2012)
- Kırmızıbiberdeki tuz oranı %22 azaltılmıştır (Türk Gıda Kodeksi Baharat Tebliği, 2013) . 100 g da tuz miktarı 9 gramdan 7 grama düşürülmüştür.
- Domates salçasındaki tuz miktarı % 64 azaltılmıştır (Türk Gıda Kodeksi Salça ve Püre Tebliği, 2014). 100 g' da tuz miktarı 14 gramdan 5 grama düşürülmüştür.
- Zeytindeki tuz oranı %50 azaltılmıştır (Türk Gıda Kodeksi Sofralık Zeytin Tebliği, 2014) . Maksimum düzey % 8 ile sınırlandırılmıştır.
- Peynirdeki tuz oranı Türk Gıda Kodeksi uyarınca %35-61 azaltılmıştır.
- 2015 tarihli Türk Gıda Kodeksi Peynir Tebliğinde farklı peynir türlerine bağlı olarak 100 g' daki maksimum tuz miktarının 3-7.5 g olması öngörülmektedir.
- Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği uyarınca (2013) tuz paketlerinin üzerinde "Tuzu Azaltın sağlığınızı Koruyun" ibaresi zorunludur.
- Okul Kantinlerinde satışa sunulan besinler için tuz miktarına yönelik kriterler geliştirilmiştir.
- Radyo Televizyon Üst Kurulu (RTÜK) Mevzuatında yer alan ; "Genel Beslenme diyetlerinde aşırı tüketimi tavsiye edilmeyen gıdaların (yağ, yağa dönüşen asitler, tuz/sodyum ve şeker gibi gıda ve maddeleri içeren yiyecek ve içeceklerin) reklamı çocuk programlarının başında ve sonunda veya bu programların içinde yapılamaz" hükmü gereği Kurumumuzca "Çocuklara Yönelik Gıda ve İçecek Reklamının Sınırlandırılması" amacıyla "Çocuklara Yönelik Aşırı Tüketimi Tavsiye Edilmeyen Gıdalar ve İçecekler İle İlgili Reklam İçin Besin Profili Modeli" hazırlanmıştır.
- 27714 sayılı ve 29.09.2014 tarihli Resmi Gazete Yayınlanan Genelge ile kamu kurumlarının kafeteryalarından ve yemekhanelerinden tuzluklar kaldırılmıştır.
- Tuza Dikkat Haftası çerçevesinde WASH tarafından belirlenen temaya uygun olarak 81 il düzeyinde farkındalık çalışmaları sürdürülmüştür.

Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması çalışmaları güncellenerek sürdürülmektedir. Bu çerçevede Eylem planı güncellenmiş ve "Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Eylem Planı 2016-2021" hazırlanmıştır.

## SONUÇ

Sodyum içeren sofraya tuzu yerine kullanılan maddelerin çoğunun bileşiminde potasyum vardır. Başta böbrek hastalığı veya daha başka sağlık sorunları olan kişiler için fazla potasyum alımı zararlı olacağından hekim kontrolünde kullanılmalıdır. Tüketilen yiyecekleri baharat ve taze otlardan yararlanarak çeşnilendirmek tuz ihtiyacının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Yemeklerin tadına bakmadan tuz kullanılmamalı, sofrada tuzluk bulundurulmamalı ve hazır ürünlerin etiket bilgileri dikkatlice okunmalıdır. Aşırı tuz tüketimi hipertansiyona ek olarak, inme, kemik erimesi ve mide kanseri gibi hastalıklara neden olabilmektedir. Bu yüzden çocukluk çağından itibaren beslenme alışkanlıklarının düşük tuz tüketimi sağlayacak şekilde planlanması, uzun vadede bu hastalıkları ve bunların kötü sonuçlarını önlemeye yardımcı olacaktır. Ayrıca tuz tüketiminin kısıtlanmasında tüketimi yaygın olan besinlerin tuz miktarının azaltılması gibi toplumsal önlemlerin ulusal boyuttaki uygulamalarının yaygınlaştırılması önemli avantajlar sağlayacaktır (Anonim, 2016b).

## KAYNAKLAR

- Aksoy, M., 2011. Mineraller. Beslenme Biyokimyası, 3. Baskı. Hatiboğlu Yayınları, Ankara, 532s.
- Akgün, B., Genç, S. ve Arıcı, M., 2018. Tuz: Gıdalardaki Algısı, Fonksiyonları ve Kullanımının Azaltılmasına Yönelik Stratejiler. Akademik Gıda, 16(3):361-370. DOI:10.24323/akademik-gida.475397
- Anonim, 2013. Türk Gıda Kodeksi Tuz Tebliği, Tebliğ No:2013/48. 16.08.2013 tarih ve 28737 sayılı Resmî Gazete, Ankara.
- Anonim, 2015. Sofra Tuzu, <https://yemek.com/sozluk/sofra-tuzu/> (Erişim tarihi: 08.08.2020)
- Anonim, 2016a. Tarih Boyunca Tuzun Önemi. Türkiye Aşırı Tuz Tüketiminin Azaltılması Programı 2017-2021. T.C. Sağlık Bakanlığı, Türkiye Halk Sağlığı Kurumu, 2. Basım Ağustos 2016, Ankara, 80s.
- Anonim, 2016b. Tuz Tüketimi ve Sağlık. Bes Diy Derg, 44(3):194-195.
- Anonim, 2016c. Fazla Tuz Tüketiminin Zararları. <https://www.anadolusaglik.org/blog/fazla-tuz-tuketiminin-zararlari> (Erişim Tarihi: 11.08.2020)
- Anonim, 2020a. Kaya Tuzu. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, <https://www.mta.gov.tr/v3.0/bilgi-merkezi/kaya-tuzu> (Erişim tarihi: 06.08.2020)
- Anonim, 2020b. Tuz, sofraya, iyotlu. Ulusal Gıda Kompozisyon Veri Tabanı (Türkomp). Tarım ve Orman Bakanlığı Bursa İl Müdürlüğü, Gıda ve Yem Kontrol Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. <http://www.turkomp.gov.tr/food-tuz-sofra-iyotlu-430> (Erişim tarihi: 06.08.2020)
- Ayaz, A., 2008. Tuz Tüketimi ve Sağlık. Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Sağlık Bakanlığı Yayın No: 727, Ankara, 24s. ISBN: 978-975-590-243-2
- Baysal, A., 2014. Su ve Mineraller. Beslenme, 15. Baskı, Ankara, Hatiboğlu Yayınları, s.114-116.
- Besler, H.T., Rakıcioğlu, N., Ayaz, A., Demirel, Z., Özel, H., Samur, G. ve ark., 2015. Tuz Tüketimi ve Sağlık. Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü. 1. Baskı, Ankara, Merdiven Reklam Tanıtım, s.55-57.
- Erdem, Y., Arıcı, M., Altun, B., Turgan, C., Sindel, S., Erbay, B., Derici, U., Karatan, O., Hasanoğlu, E., Çağlar, S., 2010. The relationship between hypertension and salt intake in Turkish population: SALTURK study. Blood Press, 19(5): 313-318. DOI: 10.3109/08037051003802541
- Ergin, Z., 1988. Tuzun Üretim Teknolojisi ve İnsan Sağlığındaki Yeri. Madencilik, 27(1): 9-30.
- Gençtoş, G., 2017. Tuz ve Böbrek Yetmezliği. Türkiye Klinikleri J Nephrol-Special Topics, 10(2):73-83.
- Öztürk, R.İ. ve Garipağaoğlu, M., 2018. Tuz Tüketimi ve Sağlık. Türkiye Klinikleri J Health Sci, 3(1):57-65. DOI:10.5336/healthsci.2017-55160
- Paplović, L.B.T., Popović, M.B., Bijelović, S.V., Velicki, R.S., Torović, L.D., 2015. Salt Content in Ready-To-Eat Food and Bottled Spring and Mineral Water Retailed in Novi Sad. Srp Arh Celok Lek, 143(5-6):362-368. DOI:10.2298/SARH1506362T
- Tanrıöver, C., 2020. Az Tuz Çok Sağlık, Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu.
- Tayfur, M., Besler, H.T., Kızıltan, G., Yıldız, E., Öztürk, B., Türker, P.F. ve ark., 2016. Tüketiminin Azaltılması Gereken Besinler ve Besin Ögeleri. Türkiye Beslenme Rehberi 2015 (TÜBER). T.C. Sağlık Bakanlığı, 1. Baskı, Ankara, Kayhan Ajans, s.68-71.
- Wyness, L. A., Buttriss, J. L., Stanner, S. A., 2011. Reducing the population's sodium intake: the UK Food Standards Agency's salt reduction programme. Public Health Nutrition, 15(02):254-261. DOI:10.1017/s1368980011000966

## Gözenekli metalik malzeme üretiminde gözenek oranı ve küresellik arası ilişkinin incelenmesi

Nuray Beköz Üllen<sup>1\*</sup> (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2705-2559>)

Gizem Karabulut<sup>1</sup> (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-0930-5380>)

<sup>1</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: nbekoz@istanbul.edu.tr

### Özet

Metalik köpükler; düşük yoğunluğa, bükülmeye karşı dirence, yüksek enerji sönümleme kabiliyetine, sesi emme özelliğine, düşük ısı ve elektrik iletkenliğine sahiptirler. Bu özelliklerinden dolayı köpüksü metaller; özellikle hafifliğin ve mukavemetin birlikte olmasının istendiği başta otomotiv sanayi olmak üzere, demir yolu taşımacılığı, gemi yapımı, havacılık, darbe ve ses absorblama, ısı değiştiriciler, filtreler, katalizör taşıyıcılar ve medikal sektörde kullanım alanına sahiptir. Enerji tüketiminin azalmasına olanak veren hafif yapılar aynı zamanda çevre duyarlılığı açısından da önemlidir. Köpüksü metallerin gösterdiği özellikler; gözenek oranına, şekline, dağılımına ve gözeneklerin birbirleriyle olan bağlantısına göre değişmekte ve çok farklı potansiyel kullanım alanları göstermektedir. Bu açıdan gözenek özelliklerinin çalışılması, bu malzemelerin kullanım potansiyeli açısından önemlidir. Bu çalışmada; ticari ismi Distaloy AB olan ön alaşımlı demir tozundan boşluk yapıcı kullanılarak toz metalurjisi yöntemiyle yüksek oranda gözenek içeren numuneler üretilerek gözenek oranı ve gözeneklerin küreselliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Gözenek oluşturucu olarak; 710-1000 µm boyut dağılımına sahip düzensiz şekilli karbomit kullanılmıştır. Üretim karbomit demir tozuyla karıştırılması, karışımın preslenmesi, karbomitin oda sıcaklığında suda çözündürülerek giderilmesi ve 1200 °C'de 1 saat sinterleme kademelerinden oluşmaktadır. Sinterlenmiş numunelerin toplam, açık ve kapalı gözenek oranları, Arşimet Yöntemi'ne göre hesaplanmıştır. Gözeneklerin küresellik (gözenek şekli) dağılımları Clemex Vision PE-4.0 görüntü analiz programı kullanılarak SEM görüntüleri üzerinde belirlenmiştir. Sinterlenmiş numunelerin yoğunlukları 2,41-4,07 g/cm<sup>3</sup>, toplam gözenek oranları %69,2-47,8 ve küresellik değerleri 0,59-0,52 aralığındadır. Gözenek miktarının artmasıyla küresel çap miktarı artarken küresellik değerinin azaldığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** gözenekli metal, boşluk yapıcı, gözeneklilik, küresellik, toz metalurjisi

### Investigation of the relationship between pore ratio and sphericity in porous metallic material production

#### Abstract

Metallic foams have specific properties such as low density, resistance to bending, high energy and sound absorption, low thermal and electrical conductivity. Due to these properties, metallic foams are used especially in the automotive industry where lightness and strength are required together as well as in railway and aviation industry, shipbuilding, impact and sound absorption, heat exchangers, filters, catalyst carriers and the medical sector. Lightweight structures that provide reduction of energy consumption are also important for environmentally friendly applications. The properties of metallic foams vary according to the pore ratio, shape, distribution and the connection types of the pores with each other and create much different potential for usage areas. In this respect, studying of the pore properties is important in terms of the potential use of these materials. In this study; Samples which has high porosity, was produce from pre-alloyed iron powder (trade name is Distaloy AB) and using space holder with using powder metallurgy method. Then, the relationship between the pore ratio and the sphericity of the pores were investigated. As a space holder; irregularly shaped carbamide with a size distribution of 710-1000 µm was used. The production consists of mixing the carbamide with iron powder, pressing, removing the carbamide by dissolving in water at room temperature and sintering for 1 hour at 1200°C. Total, open and closed pore ratios of sintered samples were calculated according to Archimedes Method. The sphericity (pore shape) distributions of the pores were determined on the SEM images using the Clemex Vision PE-4.0 image analysis program. The densities of the sintered samples are in the range of 2.41-4.07 g / cm<sup>3</sup>, total porosity in the range of 69.2-47.8% and sphericity values in the range of 0.59-0.52. It was determined that as the amount of pore increased, the spherical diameter amount increased while the sphericity value decreased.

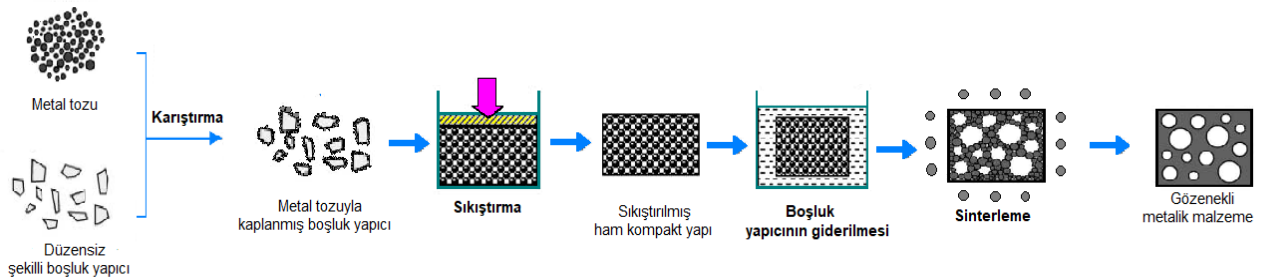
**Keywords:** porous metal, space holder, porosity, sphericity, powder metallurgy



## GİRİŞ

Gözenekli malzemeler genel olarak yapılarında %20-95 arasında hava, kalan kısımlarında ise üretildiği malzemenin yoğun halini bulunduran yapılardır (Ishizaki ve diğ., 1998). Yoğun hallerine oranla yapılarında bulunan boşluklar sayesinde daha hafif ancak sahip olduğu spesifik özellikler sayesinde daha dayanıklıdır. Gözenekli malzemeler polimer, seramik, camı, kompozit ve metalik gözenekli malzemeler olarak sınıflandırılabilir. Polimer köpüksümler günlük hayatımızda tek kullanımlık bardaklardan arabalarda bulunan hava yastıklarına kadar birçok alanda karşımıza çıkarlar. Seramik gözenekli malzemelerle filtre uygulamalarında ve katalizör olarak karşılaşırız. Seramik yapılar kırılğan oldukları, polimerler ise yüksek sıcaklıklara dayanıklı olmadıkları ve rijit davranmadıkları için yük taşıma uygulamalarına uygun değildir. Bu tür uygulamalarda gereken mukavemeti, rijitliği ve hafifliği bir arada sağlayabildiği için gözenekli metaller tercih edilirler (Tunçer, 2006; Beköz, 2011).

Gözenekli yapıların gösterdiği özellikler göreceli yoğunluğuna, gözenekliliğine, şekline ve yapısına bağlıdır. Gözenek karakterizasyonunu belirlemek amacıyla gözenek oranı, dağılımı, oluşumu üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Bakan, 2006; Banhart, 2000; Bor ve diğ., 2007; Hakamada ve diğ., 2007; Kotan, 2006; Özer, 2005) Bazı çalışmalarda gözeneği karakterize eden küresellik kavramı üzerine durulmuştur ve küreselliğin yapının mekanik özellikleri açısından önemi belirtilmiştir (Banhart ve Baumeister, 1998; Borovinšek ve diğ., 2016). Eş eksenli gözenek şekline sahip gözenekli malzeme mekanik özellikleri bakımından izotropi gösterir, uzamış veya düzleşmiş gözenek şekline sahip malzeme ise anizotropi göstermektedir. Gözenek yapılarına göre ise üç gruba ayrılırlar: açık, kapalı ve karışık. Açık gözenek şekli gözenekler yüzeye açık şekilde, birbirleriyle bağlantılı ve ortamla temas halindedirler; kapalı gözenekler ise malzeme içerisinde yer alır, birbirleri ve ortam ile izole haldedirler. Karışık gözenekli yapı ise iki gözenek yapısının bir arada bulunduğu halidir. Kapalı gözenekli malzemelerin yapılarındaki hücre duvarları sayesinde mekanik özellikleri daha yüksektir. Gözenek yapısı gözenekli malzemelerin kullanım alanını etkileyen en önemli parametredir. Çoğu endüstriyel uygulama için açık gözenek yapısı tercih edilir. Gözeneklerin birbiri ile bağlantılı olması filtreler ve gaz dağıtım gibi endüstriyel uygulamalar için önemlidir bu nedenle filtreler, katalizörler ve biyoreaktörler için açık gözenekli yapılar tercih edilir. Kapalı gözenekler ise sönümleyici özelliklerinden dolayı genellikle sonik ve termal izolatörler veya düşük özgül ağırlıklı yapısal bileşenler için kullanılır (Banhart, 2001; Beköz, 2011; Tunçer, 2006; Mutlu, 2011). Gözenekli yapıların üretim yöntemleri içerisinde boşluk yapıcı kullanarak toz metalurjisi yöntemi sağladığı avantajlarla öne çıkmaktadır. Toz metalurjisi yöntemi ile gözenekli metal üretimi Şekil 1'de şematik olarak verilmektedir. Toz metalurjisi tekniğinde gözenekli olarak üretilmek istenilen metal tozu boşluk yapıcı olarak seçilen malzeme etrafına kaplanır. Boşluk yapıcı olarak seramik tozları, polimer tanecikleri, tuzlar hatta bazı metaller kullanılabilir, daha sonra termal ayrıştırma ya da uygun çözücüde çözündürülerek uzaklaştırılabilir. Elde edilen karışım kullanılan boşluk yapıcının özelliğine göre oda sıcaklığında ya da yüksek sıcaklıklarda preslenir ardından ham yapının mukavemetini arttırmak amacıyla sinterlenir (Mutlu, 2011; Beköz, 2011).



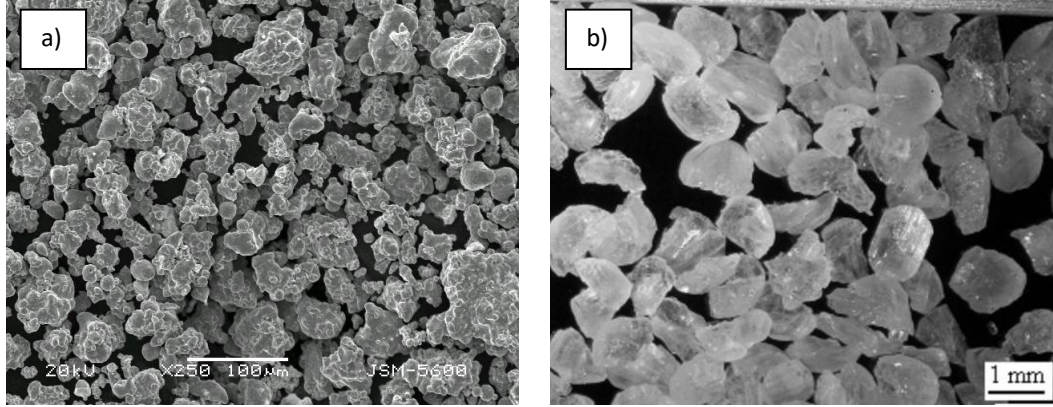
Şekil 1. Boşluk yapıcı eklenerek sinterleme tekniği ile gözenekli malzeme üretimi (Beköz, 2011)

Toz metalurjisi yönteminde boşluk yapıcının şekil, boyut ve miktarının değiştirilebilmesi nedeniyle gözenekli yapının gözenek özellikleri ve dolayısıyla istenilen mekanik özelliklerin kontrolü sağlanmaktadır. Bu nedenle diğer yöntemlere göre avantajlıdır. Bu yöntem kullanılarak birçok metal köpük malzeme üretimi yapılmıştır (Banhart, 2001; Beköz, 2011; Mutlu, 2011; Tunçer, 2006; Güden ve Yıldırım, 2015). Gözenekli yapıların kullanım alanlarının artması ve gelişimi gözenek karakterizasyonunun net olarak anlaşılmasıyla mümkündür. Bu çalışmanın amacı da bu doğrultudadır. Bu amaçla; farklı oranlarda gözenek içeren demir esaslı numuneler

boşluk yapıcı kullanılarak toz metalurjisi yöntemiyle üretilerek, gözenek oranı ve küresellik değeri arasındaki ilişki incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

Gözenekli metal üretimi için metal tozu olarak Höganas firması tarafından atomizasyon yöntemi ile üretilmiş Distaloy AB isimli ön alaşımlı demir tozu, boşluk yapıcı olarak Merck KGaK firması tarafından üretilmiş teknik safiyette karbomit (üre) kullanılmıştır. Şekil 2’de kullanılan demir tozunun Taramalı Elektron Mikroskobu ve karbamitin Stereo Mikroskop görüntüsü verilmiştir. Distaloy AB tozunun kimyasal bileşimi Tablo 1’de verilmiştir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan ön alaşımlı demir tozu ve boşluk yapıcının görüntüleri; a) Distaloy AB b) karbomit

Tablo 1. Ön alaşımlı Distaloy AB demir tozunun kimyasal bileşimi (Höganas, 1996)

Tozun Adı	Cu,%	Ni,%	Mo%	C,%	Yağlayıcı,%	Fe,%
Distaloy AB	1,50	1,75	0,50	<0,01	0,80	Kalan

Farklı oranlarda boşluk yapıcı ve demir tozu turbula tipi karıştırıcıda 1 saat süre ile karıştırma sonucu, karbomit parçacıkları demir tozları ile kaplanmışlardır. Demir tozlarıyla kaplanmış karbamitin çelik bir kalıp içerisinde 200 MPa basınç altında tek yönlü preslenmesiyle silindirik numuneler elde edilmiştir. Ham numunelerdeki karbamitin büyük bölümü saf su banyosunda giderilmiştir. Numuneler; ortamdaki N<sub>2</sub> gazı geçirilerek önce 5 °C/dak. ısıtma hızıyla 400 °C’ye ısıtılmış ve bu sıcaklıkta 30 dakika tutulmuş daha sonra ortamdaki yüksek safiyette H<sub>2</sub> gazı geçirilerek 10 °C/dak. ısıtma hızıyla; 1200 °C de 60 dakika sinterlenmişlerdir. Sinterlenmiş numunelerin yoğunlukları, açık ve kapalı gözenek oranları Arşimet Yöntemi’ ne göre belirlenmiştir. Açık ve kapalı gözenek oranlarını belirlemek için numuneler 150 °C’de kaynayan parafin içerisinde 1,5 saat bekletilerek parafinin gözeneklere emdirilmesi sağlandıktan sonra numunelerin ağırlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin görüntü analizleri Jeol JSM-5600 Taramalı Elektron Mikroskobunda yapılmıştır. Sinterlenmiş numunelerdeki gözeneklerin küresel çap ve küresellik dağılımları; Clemex Vision PE-4.0 görüntü analiz programı kullanılarak SEM görüntüleri üzerinde belirlenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Şekil 3’te verilen numune fotoğrafında belirgin bir şekilde köpüksü yapının olduğu görülmektedir. Gözenekler birbirlerinden hücre duvarlarıyla ayrılmışlardır. Yapılarda çatlak oluşumlarına rastlanmamıştır. Gözenek morfolojisinin karmaşık olması kullanılan karbamitin düzensiz şekilli olmasından kaynaklanmaktadır.



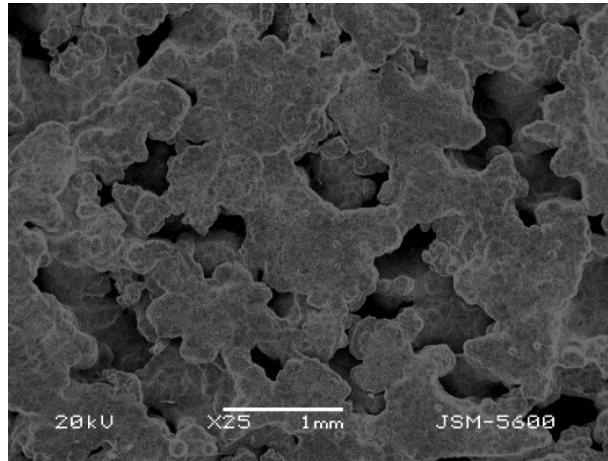
Şekil 3. Farklı oranlarda gözenek içeren numune fotoğrafı

Sinterlenmiş numunelerin Arşimet Yöntemi' ne göre belirlenen yoğunlukları, toplam, açık ve kapalı gözenek oranları Tablo 2'de verilmiştir. Artan gözenek oranıyla açık gözenek oranı artmış, kapalı gözenek oranı azalmıştır. Başlangıçta ilave edilen karbamit miktarına bağlı olarak sinterleme sonrası numunelerin gözenek miktarları değişmektedir. Değişim sonucu azalma gözenek oranının artmasıyla artmıştır.

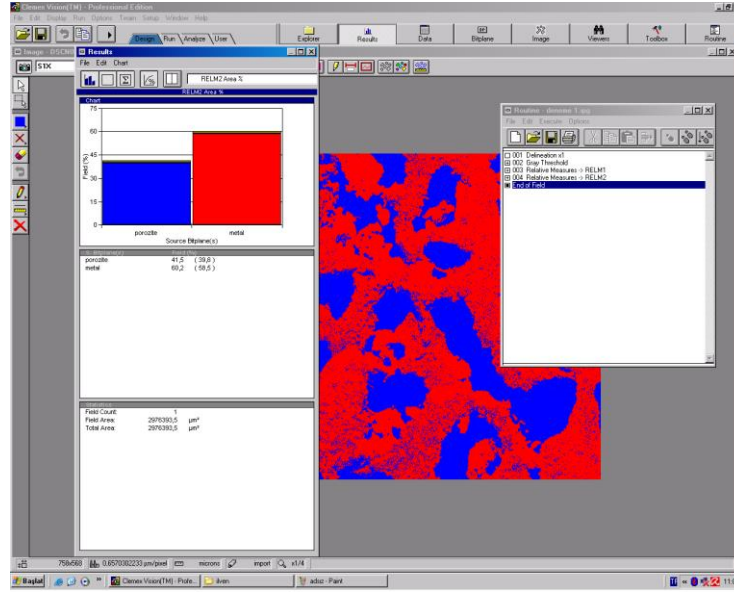
Tablo 2. Arşimet Yöntemi' ne göre belirlenen yoğunluk, toplam, açık ve kapalı gözenek oranları

Karbamit oranı, %	Yoğunluk, g/cm <sup>3</sup>	Toplam gözenek, %	Açık gözenek, %	Kapalı gözenek, %
50	4,01 ±0,06	48,6 ±1,5	34,5	14,1
60	3,51 ±0,03	55,0 ±1,6	43,2	11,8
70	3,00 ±0,05	61,6 ±1,9	50,9	10,7
80	2,35 ±0,04	69,9 ±2,3	62,4	7,5

Clemex Vision PE-4.0 görüntü analiz programı kullanılarak, SEM görüntüleri üzerinde küresel çap (gözenek boyutu) ve küresellik (gözenek şekli) dağılımları belirlenmiştir. Sinterlenmiş köpüksü Distaloy AB parçaların SEM görüntüsü Şekil 4'te ve görüntü analiz programından alınan ekran görüntüsü Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4. SEM görüntüsü



Şekil 5. Clemex Vision PE-4.0 görüntü analiz programı ekran görüntüsü

Numunelerdeki gözeneklerin küresel çap ve küresellik değerleri numunelerin gözenek oranlarına göre Tablo 3'te verilmektedir. Tablo 4'te ise başlangıçta boşluk yapıcı olarak kullanılan karbamitin küresel çap ve küresellik değerleri verilmektedir. Karbamitin ortalama küresel çapı 812,6 µm ve ortalama küreselliği 0,66'dır. Farklı oranlarda karbamit kullanılarak üretilen sinterlenmiş numunelerin içerdiği gözenek miktarına göre ortalama küresel çapları 504,6-586,5 µm aralığında değişmektedir. Üretilen sinterlenmiş numunelerin içerdiği gözenek miktarına göre küreselliği 0,56-0,61 aralığındadır. Başlangıçta kullanılan karbamite göre tüm numunelerde sinterleme sonrası gözeneklerin ortalama küresel çapları ve küresellikleri azalmıştır. Bu durum, sinterlemeden dolayı gözenek duvarlarında çekmenin baskın olmasından kaynaklanmaktadır (Kang, 2004). Gözenek miktarının artmasıyla küresel çap miktarı artarken küresellik değeri azalmıştır. Bunun sebebi artan gözenek oranına sebep olan karbamit oranının fazla olması küresel çap oranını artırmış, ancak karmaşık şekilli karbamit kullanımı küreselliği düşürmüştür. Literatür taramasında gözenekli yapıların küreselliğinin incelendiği çalışmalar bulunmaktadır ancak gözenek boyutu ve küresellik arası ilişkinin incelendiği çalışmaya rastlanmamıştır.

Tablo 3. Numunelerdeki gözeneklerin küresel çap ve küresellik değerler

Gözeneklilik, %	Küresel çap, µm				Küresellik			
	Min.	Maks.	Ort.	Std. Sapma	Min.	Maks.	Ort.	Std. Sapma
48,6	89,4	881,4	504,6	148,6	0,12	0,98	0,61	0,218
55,0	83,3	957,3	512,8	154,3	0,11	0,98	0,59	0,223
61,6	82,4	983,2	542,3	167,3	0,12	0,97	0,58	0,253
69,9	78,6	991,2	586,5	171,9	0,08	0,97	0,56	0,269

Tablo 4. Karbamitin küresel çap ve küresellik değerleri

Küresel çap, µm				Küresellik			
Min.	Maks.	Ort.	Std. Sapma	Min.	Maks.	Ort.	Std. Sapma
662,3	996,7	812,6	121,4	0,12	0,97	0,66	0,186

Sonuç olarak; karbamitin oda sıcaklığındaki su banyosunda numunelerden uzaklaştırılması ile oluşturulan gözenekli form sinterleme sonrasında da kendisini korumuştur. Sinterlenmiş numuneler üzerinde yapılan karakterizasyon çalışmaları; gözenek şekli, boyutu ve miktarının kullanılan karbamitin şekli, boyutu ve miktarı ile kontrol edilebileceğine işaret etmektedir. Nispeten yüksek miktarlarda karbamit ilavesiyle üretilen numunelerde gözenekler birbirleriyle bağlantı kurarken, karbamit miktarının azalmasıyla gözenek bağlantıları da azalmıştır. Bu durum sinterlenmiş numunelerde gözenek oranlarının ve gözeneklerin küresel çap-küresellik değerlerinin değişmesine sebep olmuştur.

## KAYNAKLAR

- Bakan HI 2006. A Novel Water Leaching and Sintering Process for Manufacturing Highly Porous Stainless Steel, Scripta Materialia, 55, 203-206.
- Banhart J 2000. Properties and Applications of Cast Aluminium Sponges, Advanced Engineering Materials, 4:188-191.
- Banhart J 2001. Manufacture, Characterisation and Application of Cellular Metals and Metal Foams, Progress in Materials Science, 46, 559-632.
- Banhart J, Baumeister J 1998. Deformation characteristics of metal foams, Journal of materials science, 33, 1431-1440.
- Beköz N 2011. Toz Metalurjisi Yöntemiyle Elde Edilen Demir Esaslı Köpüksü Metallerin Mikroyapısı ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Bor Ş, Tahran E, Esen Z, Kotan G 2007. Toz Metalurjisi Yöntemiyle Köpüksü Saf Titanyum ve Ti-6Al-4V Alaşım Üretimi ve Karakterizasyonu, TÜBİTAK Proje No: 104M121, Ortadoğu Teknik Üniversitesi.
- Borovinšek M, Taherishargh M, Vesenjajk M, Ren Z, Fiedler T 2016. Geometrical characterization of perlite-metal syntactic foam, Materials Characterization, 119, 209-215.
- Güden M, Yıldırım U 2015. Gözenekli titanyum yapıların üretimi, mekanik özellikleri ve biyomedikal uygulamaları, TÜBİTAK Proje No: 112M141, İzmir Teknoloji Enstitüsü.
- Hakamada M, Yamada Y, Kuromura T, Asao Y, Chen Y, Kusuda H, Mabuchi M 2007. Porous Metals Produced by Spacer Method as Ecomaterials, In Advanced Materials Research, Vol. 15, 416-421.
- Höganäs AB 1996. Höganäs Iron and Steel Powders for Sintered Components, Sweden. <http://www.merck-chemicals.de> [Ziyaret Tarihi: 10.12.2007]
- Ishizaki K, Komarneni S, Nanko M 1998. Introduction. In: Porous Materials. Materials Technology Series, vol 4. Springer US, 978-1-4615-5811-8.
- Kang SJJL 2004. Sintering: densification, grain growth and microstructure, Elsevier.
- Kotan G 2006. Production and characterization of Porous titanium and Ti-6Al-4V, Master's Thesis, Middle East Technical University, The Graduate School of Natural And Applied Sciences.
- Mutlu İ 2011. Toz Metalurjisi Yöntemiyle Elde Edilen Gözenekli Martensitik Paslanmaz Çeligin Mikroyapısı ve Mekanik Özellikleri, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özer G 2005. Alüminyum esaslı köpük metal üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Tunçer N 2006. Metalik Köpük Malzemelerin Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

## The place of metal foams in biomaterial applications

Nuray Beköz Üllen\* (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2705-2559>)

Gizem Karabulut (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-0930-5380>)

Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Department of Metallurgy Engineering, İstanbul, Turkey

\*Corresponding author e-mail: nbekoz@istanbul.edu.tr

### Abstract

Today, metal foams are preferred in many structural or functional applications in different sectors such as transportation and construction, biomaterials and military materials, thanks to their rigidity, lightness and strength properties. The pore structure of the metal foams can be open, closed or mixed. In the open pore structure, the pores are in contact with each other and the environment in which they are located and they are permeable. In the closed pore structure, the pores are isolated from the environment and from each other. In the mixed pore structure, two pore structures are together. The materials that are intended to be used in the body as biomaterials must have some properties. First of all, it should be biocompatible with its living tissue (it should not be toxic, not cause allergies and not contain carcinogenic components). Then there should be mechanical and physical properties such as adequate strength, elastic modulus, toughness, fatigue strength abrasion resistance and low density. In order to increase the biocompatibility and to have a long lifetime, the biomaterial should have an open porous structure that does not prevent the circulation of blood and body fluids, without preventing the development of living tissue. Considering these desired properties, metal foams have significant potential for biomaterial applications. Metals such as titanium and its alloys, magnesium, tantalum are porously produced and used as biomaterials. Metallic foam shows brittle behavior under the effect of tensile stress. Thanks to its highly porous structure, its energy absorption capacity is high under compression stress. In this review, metal foams used as biomaterials, where are they used and the importance of applications, are discussed in the light of the researches.

**Keywords:** metal foams, biomaterials, biocompatibility

### INTRODUCTION

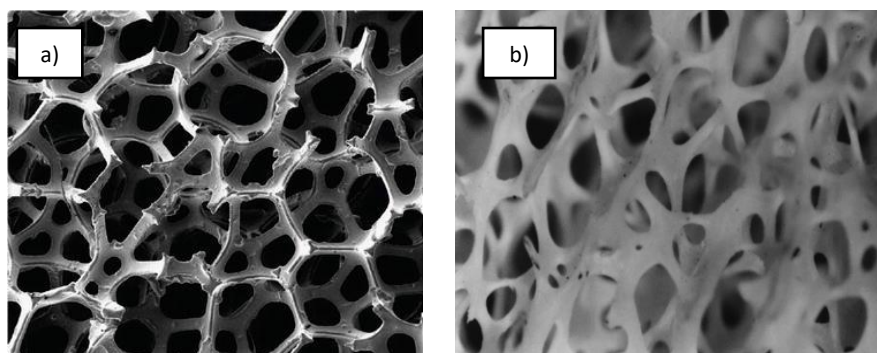
Nowadays, metallic foams have commercially attracted the attention of many industries. They are preferred in many fields such as automotive, aviation and medical applications thanks to their properties which it has. Although the meaning of "foam" is original sense as gas in the liquid, the structure obtained by dispersing the gas also in the solid is called foam. Metallic foam generally means solid foam (Banhart, 2001). The production method of metallic foams can be selected according to the type of metal, that the foam will be produced (Al, Fe, Mg, Cu, Ni etc.) and the properties of the foam (porosity, pore type, density, etc.) (Beköz, 2011). Depending on the shape, distribution and connection of the pores, their properties vary and they have a wide range of uses (Mutlu, 2011). Porous metals are divided into three as closed, open and mixed porous according to the connections of the pores. This is the parameter that basically separates the areas of usage. Since foams with closed pore structure have better mechanical properties, they are used in structural, impact and sound insulation applications. Open porous foams are used in filters, catalyst carriers and biomedical applications due to their permeability properties (Beköz, 2011). In recent years, metallic foams made of different metals have been used in different parts of the body. Metallic open porous foam structures have a significant potential in biomedical applications, especially since they show a similar structure to the tissue of the bone (Matassi et al., 2013). In this review, the reason for the importance of metallic foam structures in biomedical applications, the implants and their usage areas are mentioned.

### IDEAL BIOMATERIAL AND ADEQUACY OF METALLIC FOAMS

In order for a material to be used as a biomaterial, it should have basic properties (Mutlu, 2011). In this section, these features and the compatibility of metallic foams with these features are mentioned.

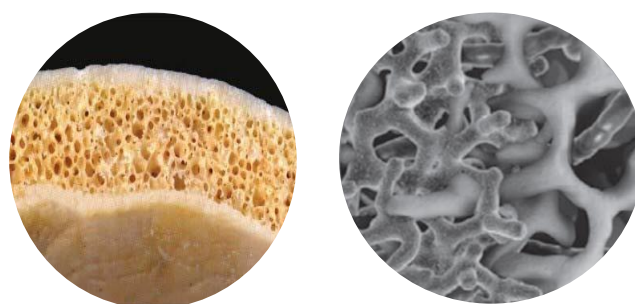
## Biocompatibility

The biomaterial that was used can react in to four different ways with living tissue; toxic, bioinert, bioactive and biodegradable. When the implant material is placed in the body, the body tissue either completely rejects the implant or keeps it in place with some complications. The goal for an ideal implementation; is to implant the material into the body without any complications or bad effects (Cömert, 2005). Metals such as Ni, Al and V exhibit toxic behavior. Ti, Stainless Steel (316L, 17-4 PH) and Co-Cr alloys exhibit bioinert behavior, while metals such as Mg and Zn exhibit biodegradable behavior. The used metal should not react with the tissue, bone or body fluids. It should not form toxic substances, not cause allergy, not contain carcinogenic substances and not release metallic ions (Cömert, 2005). The foams produced from Ti, SS, Co-Cr alloys and Mg used in biomaterial applications exhibit compatible behavior with the body (Mutlu, 2011). In addition, the porous structure of metallic foams has a structure similar to that of the bone, so that it can transmit body fluids increases adhesion to the tissue where the implant is located (Nouri, 2017). SEM images of cancellous bone and open-cell metallic foam structure are given in Figure 1.



**Figure 1.** SEM images a) open porous metallic foam (Alhusseny et al., 2017) b) cancellous bone (Wu et al., 2014)

In Figure 2, bone structure and schematic representation of osseointegration of bone and foam are given. Bone has two different structures, cortical (compact) and cancellous (porous). Cortical bone generally has 5-10% and cancellous bone has %75-95 porosity (Mutlu, 2011). The term osseointegration firstly used by Professor Branemark. It is defined as the formation of a structural and functional bond between bone and implant (Cranin and Lemons, 2004).



**Figure 2.** Bone structure (Kayacan et al., 2016) and osseointegration of bone and foam (Nouri, 2017)

## Mechanical Properties

It is desired that the mechanical properties (strength, hardness, elastic modulus, toughness, wear resistance etc.) of the material to be used as a biomaterial are compatible with the properties of the bone. In order to choose the appropriate material, firstly it is necessary to know the properties of the bone. The elasticity modulus of the cortical bone is in the range of 15-20 GPa and the compression yield strength is in the range of 30-150 MPa. The elasticity modulus of the cancellous bone is in the range of 0.09-2 GPa and the compression yield strength is in the range of 10-70 MPa (Mutlu, 2011; Matsushita et al., 2017). The incompatibility of the mechanical properties of the implant and bone causes the formation of stress shielding effect. With the incompatibility of the mechanical properties, the implant will carry the load, in this case, stress shielding occurs and the load no transmitted to the bone and it weaken over time (Joshi et al., 2000). In order to reduce or

prevent the occurrence stress shielding effect, materials should be selected close to the bone structure. For example, while the elastic modulus of the dense form of Ti metal, which is frequently preferred in bone implant applications, is 100 GPa, it is advantageous to reduce the porous form of 45-50% to the range of 5-10 GPa (Matsushita et al., 2017). In addition, the porosity can be changed to adjust the mechanical properties and thanks to this, metallic foams are advantageous for biomedical applications.

### **Physical and Chemical Properties**

Properties of biomaterials such as weight, porosity and pore size are important physical properties. If the implant material used is heavy, it will disturb the host. Therefore titanium implants are preferred over heavy implants such as platinum, which were previously used. Porous materials' being lightweight construction and energy absorption properties would be advantageous in this respect. At the same time, the porous structure provides transportation of nutrients and tissue ingrowth, thereby ensuring osseointegration and long-life (Karageorgiou and Kaplan, 2005). In order to facilitate bone tissue regeneration, interconnected structure of pores, pore size and shapes, and porosity factors are important. Xue et al. reported that the porous size of the porous structures intended to be used as biomaterials should be at least 200  $\mu\text{m}$ . If it is smaller, the cells block the pores and cannot pass (Xue et al., 2007). In addition, high pore sizes also negatively affect mechanical properties, but porosity is a more important parameter affecting mechanical property (Mutlu, 2011). With increasing porosity, the permeability amount increases, but the elastic modulus decreases (Wu et al., 2014). The porous structure of metallic foams and the pore size, porosity and open or closed pore shapes can be adjusted in production methods and that provides advantage to metallic foams in biomedical applications. In addition to these properties, the properties of porous metals such as corrosion resistance, heat transfer, and electrochemical activity are better than their dense ones. Because foams' specific surface areas are more than dense metals (Qin et al., 2015).

### **Reproducibly**

The used material must be sterilized and reproducible in accordance with international standards. The pores can be obtained by coating or at the production stage. In addition, production costs must be reasonable. Implantation should be simple, precise and reproducible (Matassi et al., 2013).

## **METAL FOAMS IN BIOMEDICAL APPLICATIONS**

As mentioned in the previous sections, metallic foams have many advantages in biomedical applications. In this section, metals such as stainless steel, titanium which are frequently used in the applications, their usage areas and their advantages/disadvantages are mentioned.

### **Stainless steel**

Stainless steels are one of the first bioinert metals used in orthopedic implant applications. Stainless steels mainly contain iron, carbon, nickel and chromium, sometimes using additives such as molybdenum improves their properties. Generally preferred stainless steel is 316L. Compared to other used metals, stainless steels show lower strength, higher corrosion resistance and hardness. However, 316L provides corrosion resistance it relies on passivation with the thin layer of oxide. Increased porosity increases the corrosion resistance of 316L. The distribution of pores and surface geometries are important parameters. Since the open pore structure facilitates the transfer of oxygen, it allows the formation of a passive layer. Their high hardness makes Titanium and its alloys more advantageous in applications (Mariotto et al., 2011; Matassi et al., 2013).

### **Magnesium**

Magnesium is an important material in biomedical applications for bone. It is essential for human nutrition and bone health. Its biodegradability and compatibility of its mechanical properties with bone structure provides advantages for biomaterial applications. Thanks to its biodegradability, it will heal the tissue after it is placed and then it will be absorbed or expelled from body. Thus, no secondary operation is required. In addition, low temperature required for the preparation of porous magnesium and less use of spacing agents required are other advantages. However, porous magnesium is not preferred much because of its corrosion resistance inadequate in vitro, multiple phases in its structure and insufficient porosity (Zhuang et al., 2008; Zhou et al., 2017; Qin et al., 2015).



## Co-Cr alloys

CoCr alloys are preferred metals as implants thanks to their inertness and wear resistance. It is preferred in applications such as acetabular cup, femoral stems or total knee arthroplasty components that require abrasion resistance. However, when tissue ingrowth is examined, a small fibrous ingrowth is observed. This may prevent long-lasting application. In addition, CoCr based alloys contain high amounts of Ni. This can cause allergies. Instead of Ni, alloys containing Mo should be preferred (Cömert, 2005; Matassi et al., 2013).

## Tantalum

Tantalum is a new remarkable biomaterial compared to other metals. Thanks to its biocompatibility and suitable biomechanical properties, it has potential in biomedical applications. It is preferred because it has high friction resistance, low elastic modulus and can be produced as highly porous (George and Nair, 2018). Studies have shown that despite its high porous structure, it is resistant to physiological loads and can support bone ingrowth even under these conditions. In addition, it is more resistant to corrosion than titanium, which is more often preferred in biomedical applications. However, the production cost is higher. In-vitro studies, better extracellular matrix formation and advanced cell adherence and growth in tantalum were observed (Matassi et al., 2013). Nowadays, it is used in many orthopedic applications such as total hip (acetabular component) and knee implants (patellar component), foot and ankle surgery and spine fusion implant etc. (Matassi et al., 2013; George and Nair, 2018). Despite its superior advantages, it has very high melting temperature (2996 °C) and high affinity to oxygen; these are limiting its production and methods to be used (Qin et al., 2015). In total hip arthroplasty (THA) operations, the life of the implant depends on many factors such as design and production process, surface structure and bone integration features. Tantalum is ideal for this application and tantalum acetabular components can be found in three forms: a monoblock acetabular component with direct compression molded polyethylene, a monoblock acetabular cup with peripheral screw fixation, and a modular acetabular component coated with porous tantalum framework (George and Nair, 2018). Figure 3, Shows the porous tantalum monoblock acetabular component for use in total hip implants. Osteonecrosis of the hip occurs when there is a blood flow problem in the head of the femoral bone. Since sufficient nourishment does not occur, the head of bone cannot be fed and dies and collapses over time. As a result, the articular cartilage covering the hip bones also collapses, leading to disabling arthritis (Foran and Miller, 2018). Figure 4 shows tantalum implant commonly used to prevent the early stages of this disease. It is thought that porous tantalum improves transportation of nutrient thanks to its close to bone mechanical properties and porous structure and also supports bone formation (George and Nair, 2018).



**Figure 3.** Tantalum monoblock acetabulum (George and Nair, 2018)



**Figure 4.** Osteonecrosis implant (George and Nair, 2018)

Porous tantalum is also preferred in cervical and lumbar spine surgeries. Previous research has shown that the use of porous Ta in implant applications for the spine provides advantages in many aspects (George and Nair, 2018; Levine et al., 2006). The implants used in spine applications are shown in Figure 5.



**Figure 5.** Spine arthrodesis implants (George and Nair, 2018)

In addition, porous tantalum is also used in total knee arthroplasty. Currently, the parts used in this application are parts such as a monoblock tibial component, patella button. Thanks to the properties and advantages of tantalum mentioned in other applications, it also has a potential in this operation (George and Nair, 2018, Levine et al. 2006).

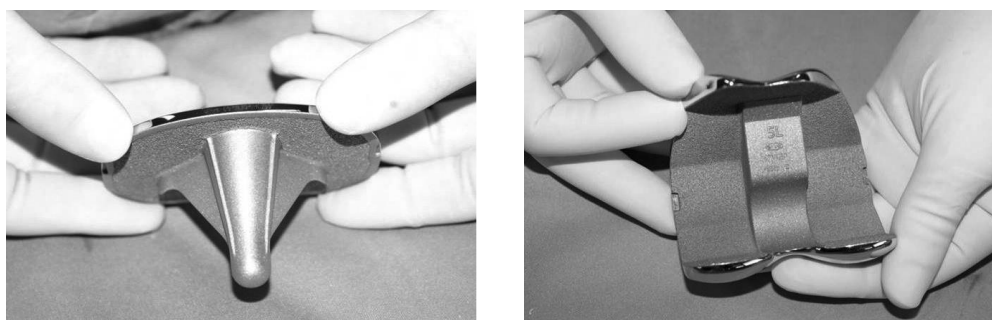


**Figure 6.** Monoblock tibia, revision TKA augments, and salvage patella button (George and Nair, 2018)

It is clear that tantalum has an important place in bone implant applications thanks to its properties. However, it seems necessary to do more studies and improve its properties such as adhesion properties and lifetime of implant (George and Nair, 2018).

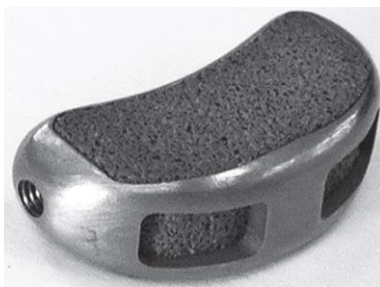
### **Titanium and its alloys**

Porous titanium is a material that is frequently used in biomaterial applications and it is achieved successful results. It is preferred due to its high chemical stability and mechanical properties. They are preferred because of their high chemical stability, mechanical properties, good biological compatibility with living tissue and their elastic modulus suitable with bone tissue (Matsushita et al., 2017; Xue et al., 2007). Although titanium foams are currently preferred as dental implants, they are used in total knee, hip and shoulder arthroplasty implants (Matassi et al., 2013). Figure 7 shows the femoral and tibial components used in total knee surgery.



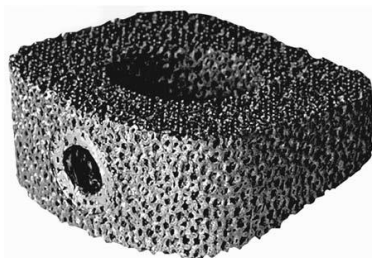
**Figure 7.** Porous titanium components; Tibial (left) and Femoral (right) (Matassi et al., 2013)

Figure 8 shows the biofoam cancellous titanium developed by Wright Medical Technology. This component is used for treatment of the adult flatfoot deformity.



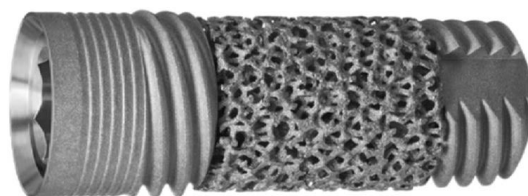
**Figure 8.** Porous titanium component used in treatment of the flatfoot deformity (Tucker,2010)

Figure 9 shows the bioactive titanium foam used for spinal interbody fusion. The component consists of titanium foam that produced with powder metallurgy technique placed in a dense frame.



**Figure 9.** Titanium foam used for lumbar interbody fusion (Matsushita et al., 2017)

Thanks to the good osseointegration shown by metallic foams, one of the area is in dental implants where the most important potential. Figure 9 shows the implant developed by Zimmer Dental Inc. Thanks to the integration of the porous part of the implant with the mandible; the implant inserted in the place of the missing tooth gives better results (Nouri, 2017).



**Figure 10.** Dental implant developed by Zimmer Dental Inc. (Nouri, 2018)

## CONCLUSION

Metallic foams are used in many areas and have significant potential in many areas thanks to their improvable properties. One of the most important areas of use is biomedical, thanks to the similarity of the pore structure to the structure of the cancellous bone. Many metals have been tested for use in this field from past to present. In this review the compatibility of the properties of metallic foams in bioimplant applications, the types of metallic foam used in the applications and the areas of use are mentioned. Especially tantalum and titanium foams have an important place in applications. However, it creates problems because its pore structure causes a decrease in corrosion resistance and causes ion release. For this reason, it is preferred as coating or regionally instead of completely porous structure. It is seen that the use of metallic foams will increase and become

indispensable in the field of biomaterials with the development of production methods and increasing the strength of the parts.

## REFERENCES

- Alhusseny ANM, Nasser A, Al-zurfi NMJ 2017. High-Porosity Metal Foams: Potentials, Applications, and Formulations, Porosity - Process, Technologies and Applications, IntechOpen, pp. 181-200.
- Banhart J 2001. Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams, Progress in Materials Science, 46: 559–632.
- Beköz N 2011. Microstructural and mechanical properties of iron based foamed metals obtained by powder metallurgy method, Doctoral Thesis, Istanbul University.
- Cömert I 2005. Using powder metallurgy process on applications of the biomaterials, Master's Thesis, Yıldız Technical University.
- George N, Nair AB 2018. Porous tantalum: A new biomaterial in orthopedic surgery, Fundamental Biomaterials: Metals, 243-268.
- Foran JRH, Miller MD 2018. Osteonecrosis of the Hip, Available at: <https://orthoinfo.aaos.org/en/diseases--conditions/osteonecrosis-of-the-hip>, [18.08.2020]
- Joshi MG, Advani SG, Miller F, Santare MH 2000. Analysis of a femoral hip prosthesis designed to reduce stress shielding, Journal of Biomechanics, 33(12), 1655-1662.
- Karageorgiou V, Kaplan D 2005. Porosity of 3D biomaterial scaffolds and osteogenesis. Biomaterials, 26: 5474–5491.
- Kayacan MC, Delikanlı YE, Duman B, Özsoy K 2018. Examining of mechanical properties of transitive (variable) porous specimens produced by SLS using ti6Al4v alloy powder, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33(1):127-143.
- Levine BR, Sporer S, Poggie RA, Valle CJD, Jacobs JJ 2006. Experimental and clinical performance of porous tantalum in orthopedic surgery, Biomaterials 27, 4671–4681.
- Matassi F, Botti A, Sirleo L, Carulli C, Innocenti M 2013. Porous metal for orthopedics implants, Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism, 10(2): 111-115.
- Matsushita T, Fujibayashi S, Kokubo T 2017. Titanium foam for bone tissue engineering, Metallic Foam Bone Processing, Modification and Characterization and Properties, 111-130.
- Mutlu İ 2011. Microstructural and mechanical properties of porous martensitic stainless steel obtained by powder metallurgy method, Doctoral Thesis, Istanbul University.
- Nouri A 2017. Titanium foam scaffolds for dental applications, Metallic Foam Bone Processing, Modification and Characterization and Properties, 131-160.
- Tucker DJ 2010. Lateral Column Lengthening in Adult Flatfoot Surgery Using a Titanium Metal Foam Wedge Implant, Techniques in Foot & Ankle Surgery, 9(4), 205-210.
- Qin J, Chen Q, Yang C, Huang Y 2016. Research process on property and application of metal porous materials, Journal of Alloys and Compounds, 654, 39-44.
- Wen CE, Mabuchi M, Yamada T, Shimojima K, Chino Y, Asahina T 2001. Processing of biocompatible porous Ti and Mg, Scripta Materialia 45:1147-1153.
- Wu S, Liu X, Yeung KWK, Liu C, Yang X 2014. Biomimetic porous scaffolds for bone tissue engineering, Materials Science and Engineering R 80:1–36.
- Xue W, Krishna BV, Bandyopadhyay A, Bose S 2007. Processing and biocompatibility evaluation of laser processed porous titanium, Acta Biomaterialia 3: 1007–1018.
- Zhuang H, Han Y, Feng A 2008. Preparation, mechanical properties and in vitro biodegradation of porous magnesium scaffolds, Materials Science and Engineering: C, 28(8), 1462-1466.

## Bağışçıların kan bağıışı yapma olasılıkları analizi

Pınar Kırıcı\*, Seyma Aktas, Burcu Sevinc

Bursa Uludag Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: pinarkirci@uludag.edu.tr

### Özet

Bu araştırmada, bağışçılar ile ilgili bazı kritik bilgiler; bir kişinin bağış yapma sıklığını ve son bağışın ne zaman gerçekleştirildiğini içermektedir. Bu iki kaydın takip edilmesi ihtiyaca dayalı bağışın çözümünde büyük önem taşımaktadır. Kan bağıışı verilerine birçok makine öğrenmesi algoritması uygulanarak muhtemel bir bağışçının tekrar kan bağıışında bulunup bulunmayacağını tahmini gerçekleştirilmiştir. Kullanılan algoritmalar, sınıflandırma performansları hesaplanarak birbirleriyle karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kan bağıışı, bağışçı, makine öğrenmesi

### Donors' donation probability analysis

#### Abstract

In this research, some critical information about donors are used. Utilized data includes the frequency of a person's donation and when the last donation was made. Following these two records is of great importance in the solution of need-based donation. Two most known machine learning algorithms are applied to the blood donation data. Thus, an estimate is made to see if a possible donor could donate blood again. The used algorithms are compared with each other by calculating their classification performances.

**Keywords:** Blood donation, donor, machine learning

#### GİRİŞ

Kan nakli, oluşabilecek riskli durumlarda insanoğlunun hayatta kalması için çok kritik bir öneme sahiptir. Makine öğrenimi yaklaşımları kullanılarak, muhtemel bağışçıların sayısı ve kan verme olasılıkları ölçülebilir. İleride kan ihtiyacı oluştuğunda tıp uzmanları kan temini için muhtemel bağışçıları tahmin edebilir.

Makine öğrenmesi algoritmaları, veri setlerini kullanarak kan transfüzyon sürecini destekleyebilir. İnsanların sağlığı söz konusu olduğunda kritik sonuçlar doğuracak durumların önlenmesine yardımcı olmak için veri analizi gerçekleştirilir. Yapılan veri analizinin sonuçlarına bakılarak, kan bağıışında bulunma ihtimali olan bağışçılar öğrenilebilir. Bu sürecin beklenildiği gibi gerçekleşmesi için mevcut kayıtlara doğru ve eksiksiz bir şekilde erişim sağlanmalıdır.

Kan bağıışı uzun zamandır yapılmaktadır, ilk başarılı transfüzyon 1665 yılında iki köpek arasında olmuştur ve bir transfüzyonda insan kanının ilk tıbbi kullanımı 1818'de gerçekleşmiştir [1]. Günümüzde halen kan bağıışı insanların hayatını kurtarmak için çok kritik bir yere sahiptir.

Kan bozulabilir bir doğaya sahiptir, Amerikan Kızılhaç Örgütüne göre raf ömrü yaklaşık 42 gündür [2]. Bu sebeple kan ihtiyacının artmasına neden olabilecek durumlarda yeterli kan kaynağını bulmak zor bir hale gelmektedir. Kan ihtiyacını karşılamamanın birincil yolu sağlıklı gönüllülerden düzenli bağışlar almaktır. Ancak ne yazık ki, uygun bağışçı popülasyonunun sadece %5'i bağış yapmaktadır [3]. Kan tedarik ihtiyaçlarını ve yapılmış olan bağışları izleyerek, potansiyel bağışçıların öngörülmesine yardımcı olacak bir model, tedarik zincirini iyileştirerek daha fazla hastanın, ihtiyaç duydukları kana ulaşmasını sağlayarak ölüm riskini azaltabilir.

Akademik literatürde, bu alanda yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan çalışmalarda farklı makine öğrenmesi yöntemleri tercih edilmiştir. Çalışmanın asıl amacı, makine öğrenimi tekniklerini kullanarak yapılacak kan bağıışını tahmin etmede gösterilen performansı belirlemektir.

Suudi Arabistan Hastanesinde 14000 bağışçı ile yapılan çalışmada Rastgele Orman, Destek Vektör Makineleri, LG yöntemleri kullanılmış ve Accuracy (92.92%), Sensitivity (96,74%), AUC (76.61%) değerleri elde edilmiş [4].

430 kayıtlık bir anket ile yapılan çalışmada, yapay sinir ağları - multilayer perceptron (MLP), YSA - probabilisticneural network (PNN), yöntemleri kullanılmış ve YSA (MLP): Test accuracy (98%) YSA- (PNN): Test accuracy (100%) degerleri elde edilmiş [5].

Kan nakli servis merkezi veri seti (748 kayıt, 5 özellik) ile yapılan çalışmada Destek Vektör Makineleri kullanılmış ve AUC (0.56) degerleri elde edilmiş [7].

430 kayıtlık 8 özellikli anket ile yapılan çalışmada YSA (MLP), YSA (PNN), LDA yöntemleri kullanılmış ve YSA (MLP): Test accuracy (98%) YSA (PNN): Test accuracy (100%) Linear Discriminant Analysis - LDA: Test accuracy (83.3%) degerleri elde edilmiş [8].

## **MAKİNE ÖĞRENMESİ ALGORİTMALARI**

Makine öğrenmesi algoritmaları, büyük ölçekli verilerdeki kalıpları bulmak için istatistikleri kullanır. Bu algoritmalar, mevcut olan verileri kullanarak ve makineye, insanlarda olduğu gibi deneyimler kazandırarak öğrenme görevini tamamlar [6-9]. Yeni veriler eklendiğinde dışarıdan programlama işlemi olmadan makine, öğrenmeye devam eder ve gelişim gösterir.

Bu çalışmada ise veri madenciliği topluluğunda yaygın olarak bilinen ve “Cross industry Standard process for data mining” (CRISP-DM) adı verilen yapılandırılmış bir analitik metodoloji takip edilmektedir [10].

Bu metodoloji, problem ve verinin var olacağını bilerek makine öğrenmesi çalışmalarına başlamayı amaçlamaktadır. Altı tane adımı içermektedir. Bu adımlar:

1. Problemi Tanıma
2. Veriyi Tanıma
3. Veriyi Hazırlama / Ön İşleme
4. Modelleme
5. Değerlendirme
6. Yayılım başlıklarından oluşmaktadır.

Bu proje kapsamında, modelleme aşamasında faydalanan algoritmalar, Lojistik Regresyon ve Naive Bayes Sınıflandırıcıdır.

Lojistik Regresyon, bağımlı değişkenin nümerik değişken olması durumunda birden fazla bağımsız değişken bulundurabilen, bağımlı değişken olarak yalnızca ikili bir değişkeni kabul eden ve veri kümesi analizinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir [11-12].

## **PROJE TASARIMI**

Bu çalışma kapsamında, potansiyel kan bağışçılarını izlemek ve tahmin etmek için verilere dayalı bir sistem oluşturmak amaçlanmıştır. Kullanılan kan transfüzyon veri setinde, bir bağışçının Mart 2007 ayında kan bağışında bulunup bulunmadığının veri setinde bulunan parametrelere göre tahmin edilmesi ve oluşturulan modellerin tahmin sonuçları için performans kriterlerinin karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

Sonuç olarak, hangi makine öğrenmesi algoritmasının kan transfüzyon veri setinde daha başarılı olduğu belirlenmektedir. Tıpta bir doktorun yapmış olduğu teşhis çok değerli iken, veri bilimi ile hastalıkların teşhis ve tahmini çok daha güvenli hale gelmektedir. Bu çalışma ile kan bağışında bulunacak kişiler önceden görülebilir ve bu bilgiler sayesinde kan ihtiyaç açığının oluşması engellenebilir.

Bu proje, makine öğrenmesi metotları ile veri seti analizi gerçekleştirmeyi hedeflemektedir. Kullanılan veri seti, UCI Makine Öğrenimi Deposunda yayınlanan açık kaynaklı bir veri kümesidir. Kaynak veriler, Tayvan'daki Hsin-Chu şehrindeki Kan Transfüzyon Hizmet Merkezi'nin kan bağışı veri tabanından alınmıştır [13].

Sınıflandırma (Classification) algoritmalarından, Lojistik Regresyon (Logistic Regression) ve Naive Bayes metotları kullanılarak veri analizi yapıp ve bu algoritmaların performans değerlendirmeleri yapılarak mevcut çalışmanın verimliliği kıyaslanacaktır. Mevcut proje gerçekleştirilirken CRISP-DM modeli adımları izlenmiştir.

Kullanılan kan transfüzyon veri setinde, bir model oluşturmak için bağışçı veritabanından rastgele 748 bağışçı seçilmiştir. Amaç, kan bağışçısının belirli bir zaman içinde (Mart 2007) kan bağışı yapıp yapmayacağını tahmin etmektir.

Bu veritabanı RFMTC modelini izlemektedir ve içerdiği nitelikler aşağıda gösterilmiştir.

- Recency (Yenilik- son bağıştan bu yana geçen ay),
- Frequency (Sıklık- toplam bağış sayısı),
- Monetary (Değer- cc olarak bağışlanan toplam kan),
- Time (İlk bağıştan bu yana geçen süre)
- Class (İkili değişken bağışçının Mart 2007'de kan bağışında bulunup bulunmadığını temsil eder ,1 kan bağışlamak anlamına gelir; 0 bağışçının kan bağışlamadığı anlamına gelir.)

#### ANALİZ VE SONUÇLAR

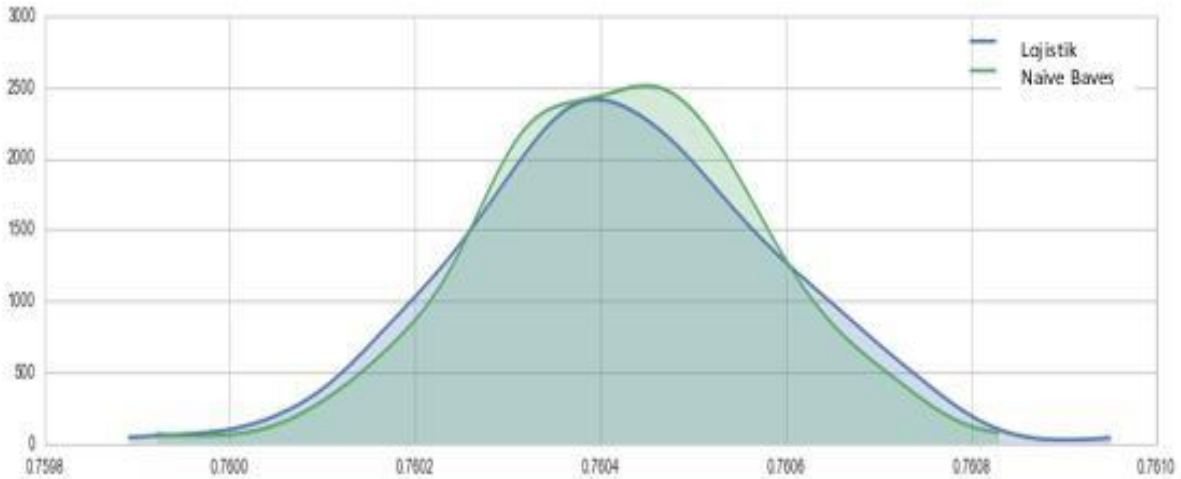
Bu çalışmada, kan transfüzyon tahmini için kan transfüzyon veri seti kullanılarak farklı modeller oluşturulmuştur. Bölüm 2'de model oluşturmada kullanılan algoritmalarından bahsedilmiştir. Ayrıca karmaşıklık matrisinden elde edilen sonuçlar, ROC eğrisi ve AUC değerleri kullanılarak performans sonuçlarının doğru ve birbiriyle tutarlı sonuçlar verip vermediği incelenmiştir.

Çalışmanın bu bölümünde, Lojistik Regresyon ve Naive Bayes algoritmalarının kan transfüzyon veri setine uygulanması ve analizi gerçekleştirilmiştir. Çıkan sonuçlar doğrultusunda algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır. Her iki algoritmanın da iyi performans gösterdiği görülmüştür.

ROC eğrisi, gerçek pozitif oran ile yanlış pozitif oranın farklı eşikler kullanılarak oluşturduğu bir çizimdir. Bu grafik ile farklı modellerin eğrileri doğrudan karşılaştırılabilir. AUC metriği eğrinin altında kalan alandır ve model performansının genel bir özeti olarak ifade edilebilir. Bu alan, ne kadar büyükse algoritmaların doğru tahmin etme olasılığı o kadar yüksektir. AUC metriğinin ideal değeri 1'dir.

ROC eğrisi, özellikle dengesiz veri setlerine sahip olduğumuz durumlarda, makine öğrenmesi algoritmalarının performansını değerlendirmek için en sık kullanılan metriklerden biridir [14].

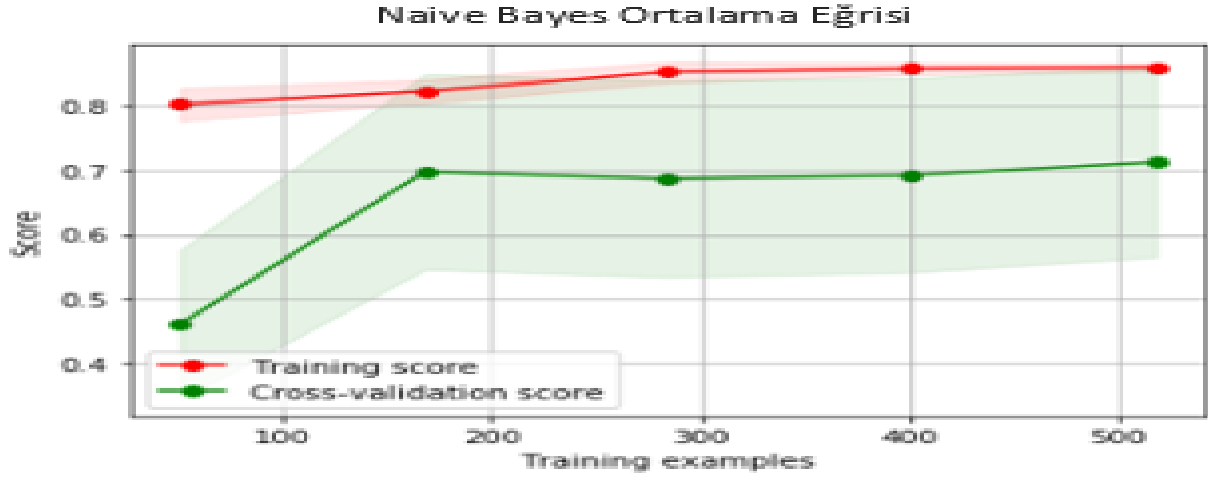
Veri kümesine odaklanarak, “son bağıştan bu yana geçen aylar (Recency)” ın ortalama değeri 9.506 olmakla birlikte, bu değerlerin 0 ile 74 değerleri arasında değiştiğini görebiliriz. “Bağış sayısı (Frequency)” nın ortalama değeri 5.515 ve bu değerler 1 ile 50 arasında değişmektedir. “Bağışlanan toplam hacim (cc) (Monetary)” ve “ilk bağıştan bu yana geçen aylar (Time)” sütunları da ortalama 1378.6764 ile 250 ila 125000 ve ortalama 34.282 ile 2 ile 98 arasında değişmektedir.



Şekil 1. Seçilen metodların çapraz doğrulama sonuçları

İki metodun 10 katlı çapraz doğrulama sonuçları Şekil 1'de gösterilmiştir. Görüleceği gibi seçilmiş olan metodların doğruluk sonuçları birbirine çok yakındır.

İki metodun da ROC eğrileri ve AUC değerleri birbirine çok yakın olduğu için kullanılan veri setinde her iki algoritmada birbirine yakın sonuçlar verecektir.



Şekil 2. Seçilen metodların ortalama eğrisi



Şekil 3. Seçilen metodların ortalama eğrisi

Şekil 2 ve 3'de seçilen iki metodun çapraz doğrulama yapılarak elde edilen ortalama değerleri ve verinin eğitimi sonucu elde edilen değerler eğri üzerinde gösterilmiştir. Artan çapraz doğrulama eğrilerine göre Naive Bayes sınıflandırıcısı ve Lojistik Regresyon metodları için bu iki eğri birbirine yakın olduğu için tahmini genelleştirmek mümkündür.

Seçilen metodların çapraz doğrulama sonuçlarında elde ettiğimiz tahminler, verinin eğitilmiş modelleri ile tutarlıdır. Bu durum yapılan performans değerlendirmelerini doğru çıkarmaktadır.

Sonuç olarak kan transfüzyon veri seti kullanılarak eğitilen modeller ile bağışçıların geçmiş kayıtlarına bakarak bilgiler edinilmiştir. Çeşitli makine öğrenmesi algoritmaları eğitilerek, kan bağışçısının uygun bir aday olup olmadığının değerlendirilmesi ve bağışçının tekrar ne zaman bağışta bulunacağını tahmini yapılmıştır.

## SONUÇ

Bu proje kapsamında, kan transfüzyon veri seti üzerinde çeşitli sınıflandırma algoritmalarının performansları karşılaştırılarak en başarılı iki algoritmanın karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Makine öğrenmesi modelleri kullanılarak kan ihtiyacı olan kişiler ile bağışçı arasındaki bağlantının artırılması, kan bağışçısının 2007 Mart ayında kan bağışında bulunup bulunmayacağını tahmini gerçekleştirilmiştir. Bu bulguların kullanılması ile oluşabilecek riskli durumların önlenmesine fayda sağlanabilir. Kan ihtiyacı olduğunda, bazı kritik durumlarda doğru kan bağışçısına ulaşmak mümkün olabilir.



## KAYNAKLAR

- F. Hummel, "Predicting Future Donor Behavior: A Machine Learning Approach," Tilburg University Thesis, May 2019.
- A. Almasri, A. Ahmed, N. Al-Masri, Y.A. Sultan, A.Y. Mahmoud, I. Zaqout, A. N. Akkila, S. S. Abu-Naser. (2019). "Intelligent Tutoring Systems Survey for the Period 2000-2018," International Journal of Academic Engineering Research (IJAER), Vol. 3, Issue 5, May – 2019, pp. 21-37.
- E.H Shortliffe, L.E., Perreault, G., Wiederhold, L.M. Fagan, Editors: "Medical Informatics: Computer Applications in Health Care and Biomedicine." , ISBN-978-0-387-21721-5, 2001.
- S.A. Alkahtani, M. Jilani, "Predicting Return Donor and Analyzing Blood Donation Time Series using Data Mining Techniques," International Journal of Advanced Computer Science and Applications , 10(8), 2019.
- P., Ramachandran, N.Girija, T. Bhuvanewari, "Classifying blood donors using data mining techniques." IJCST , Vol 1, Issue 1, 2011, pp.10-13.
- M., Ashoori, M., Mohammadi, H.S.H., Eivary, "Exploring Blood Donors' Status Through Clustering: A Method to Improve the Quality of Services in Blood Transfusion Centers." Journal of Knowledge & Health, 11(4), 2017, pp.73-82.
- S. Mahadevan, S. Poornima, K. Tripathi, M. Pushpalatha, "A survey on Makine öğrenmesi algoritmaları for the blood donation supply chain," Journal of Physics: Conference Series, 1362, 2019, 012124.
- S., Sundaram, T., Santhanam, "A comparison of blood donor classification data mining models," Journal of Theoretical and Applied Information Technology ,30(2), 2011, pp. 98-101.
- J., Hurwitz, D., Kirsch, "Machine Learning for Dummies," IBM Limited Edition. - John Wiley & Sons, Inc., 2018.
- M., Darwiche, et al., "Prediction of blood transfusion donation," Fourth IEEE International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS), 2010, France.
- B. Abbasi, T. Babaei, Z. Hosseinifard, K. S. Miles, M. Dehghani, "Predicting solutions of large-scale optimization problems via machine learning: A case study in blood supply chain management," Computers & Operations Research, Vol. 119, 2020.
- P. KIRCI, "Intelligent Techniques for Analysis of Big Data about Healthcare and Medical Records: Intelligent Techniques for Big Data about Healthcare," In *Handbook of Research on Promoting Business Process Improvement Through Inventory Control Techniques* , Pensilvanya: Igi Global, 2018, pp.370-402.
- The Blood Transfusion Service Center in Hsin-Chu City in Taiwan, "Blood Transfusion Service Center Data Set", UCI-machine learning repository.
- M. M. Mostafa, "Profiling blood donors in Egypt: A neural network analysis," Expert Systems with Applications, Vol. 36, Issue 3, Part 1 , 2009, pp. 5031-5038.

## Strengthening techniques and applications for reinforced concrete structures

Semih Göker<sup>1</sup> (ORCID: [https://orcid.org/0000\\_0002\\_0458\\_4766](https://orcid.org/0000_0002_0458_4766)), Mehmet Eren Gülşan<sup>2</sup> (ORCID: [https://orcid.org/0000\\_0002\\_8991\\_0363](https://orcid.org/0000_0002_8991_0363))

<sup>1</sup>Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Gaziantep, Turkey.

<sup>2</sup> Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Gaziantep, Turkey.

\*Corresponding author e-mail [semih.goker27@gmail.com](mailto:semih.goker27@gmail.com)

### Abstract

Our country is located in the Alp-Himalaya earthquake belt, which is one of the most active regions in term of earthquake risk in the world. The most parts of the country are located in earthquake zones, and a large part of the population live in these regions. In other words, our country is constantly in danger of earthquakes. Our country has experienced many earthquakes throughout the history. Our material and moral losses have been huge. The solution is unique. We have no choice other than to build an earthquake resistant structure. Investigation of the existing reinforced concrete building stock in our country and earthquakes showed us; concrete compressive strength is generally lower than today's earthquake regulations, transverse and longitudinal reinforcements do not meet the requirements of today's earthquake regulations. As a result of this, buildings have failed to resist against the forces that occur during the earthquake. Structures need to be strengthened in order not to encounter this kind of negativity during an earthquake. Different methods have been developed for this.

In this study, information about the strengthening of an existing structure and different strengthening methods are given. In addition, it was understood that the strengthening of structures need performance analysis against earthquake on a sample project and should be strengthened by different methods. Analyzes were made and results were presented. The methods used were also examined in terms of cost.

**Keywords:** FRP, SeismoStruct, Jacketing, Strengthening, Structural Engineering.

### Introduction

Our country is in danger of earthquakes constantly. There have been a lot of earthquakes throughout the history. In the earthquakes, many people have lost their lives and thousands of structures have been damaged significantly. Damaged structures in earthquakes had low quality concrete strength to crumble by hand, it was observed that straight reinforcements were stripped and buckled between the stirrups used in insufficient frequency and diameter. In addition, it has been observed that buildings with similar structural features around the collapsed buildings can sometimes survive the earthquake without structural damage.

The developments in structural and earthquake engineering with computer technology have enabled the behavior of the buildings against earthquake effect to be more detailed and realistic. For this reason, our structures must be safe against earthquake effects.

### Examination of existing building selected as an sample

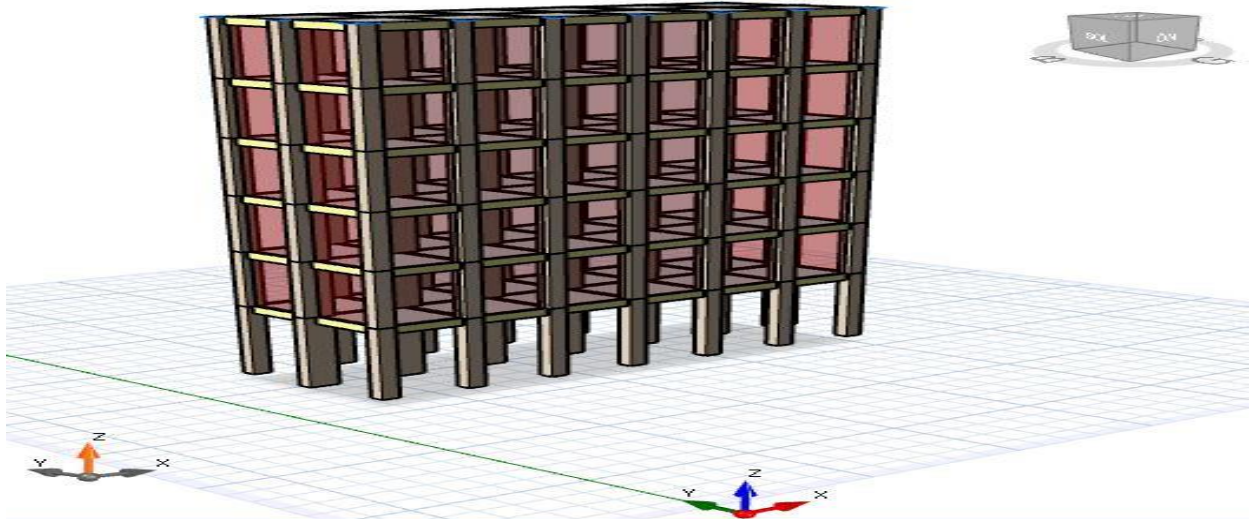
The earthquake performance of an existing building has been examined, the results obtained have been evaluated and strengthened has been applied by using different thicknesses on the basis of elements by the jacketing method and the analysis results have been presented.

In this part of the study, the performance assessment of the existing building determined as a sample and made according to the Turkish Seismic Code 2018 criteria. Equivalent Static Earthquake Load method was used as analysis method.

The earthquake performance level is determined under the effects of the equivalent static horizontal load representing the vertical loads and earthquake loads of the sample building.

For the building selected as the sample, under the influence of the design earthquake defined as 10% probability to be exceeded within a 50-year period, the Performance Level of Controlled Damage (CD) is targeted by considering the Regulation that came into force in 2018.

As a result of the earthquake performance determination process made in ProtaStructure program (Student Version), it was observed that the building did not meet its performance targets. It is understood that there is a problem in the vertical elements.



**Figure 1.** Model of the building in ProtaStructure

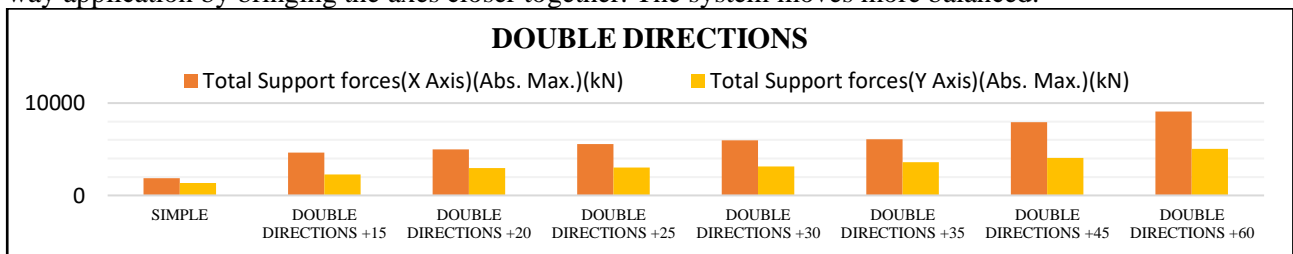
### Strengthening the sample building with the jacketing method

Since it is understood that there is a problem in the vertical elements, strengthening is made in these columns. In SeismoStructure program, the most appropriate thickness for columns was tried to be determined by using different thicknesses (double direction, one direction, inner columns only, outer columns only etc.). The calculation results of the application are made for the elements which needs to be strengthened and are presented with graphical comparisons, the most appropriate solution is emphasized. In this study, the analysis method in the field of time-history was made using an earthquake data in our country.

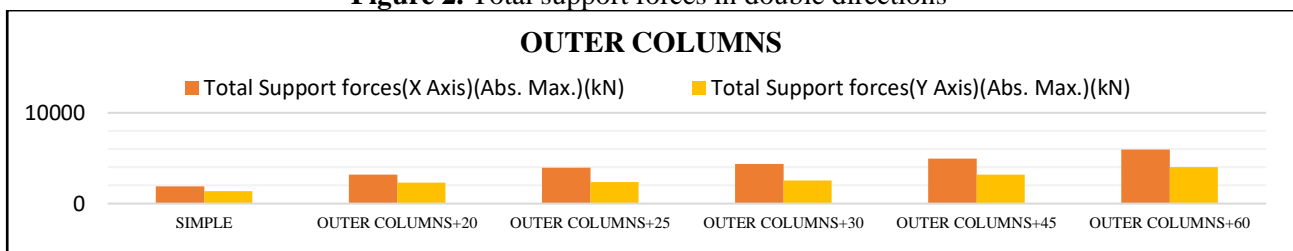
### Description of structures and details of analysis

#### Evaluation of the total support forces of the sample building

As a result of the analyses made in the SeismoStruct program, graphs of total support forces are presented. Total support forces give more positive results in both directions. The result in the X direction (strong axis) is even more positive. Since most of the columns in the existing building are on the exterior, the strengthening make only on the exterior yielded more positive results than the interior. Here, too, the strong axis is advantageous. In one directions, the result is weaker than in double directions. In addition, there may be problems in adherence in one way application. However, the most positive results were obtained in the two-way application by bringing the axes closer together. The system moves more balanced.



**Figure 2.** Total support forces in double directions



**Figure 3.** Total support forces in outer columns

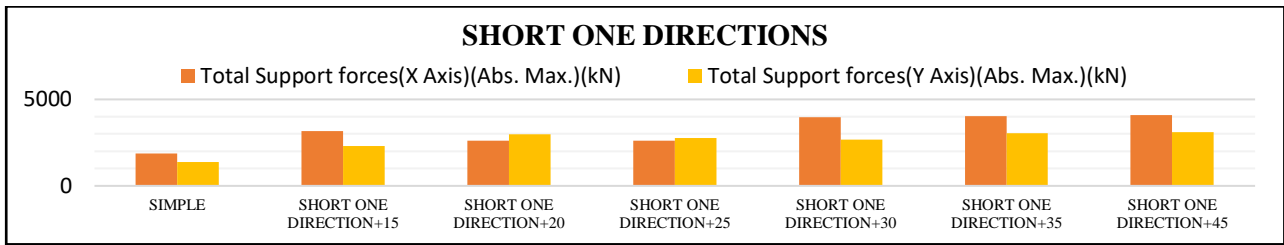


Figure 4. Total support forces in short one directions

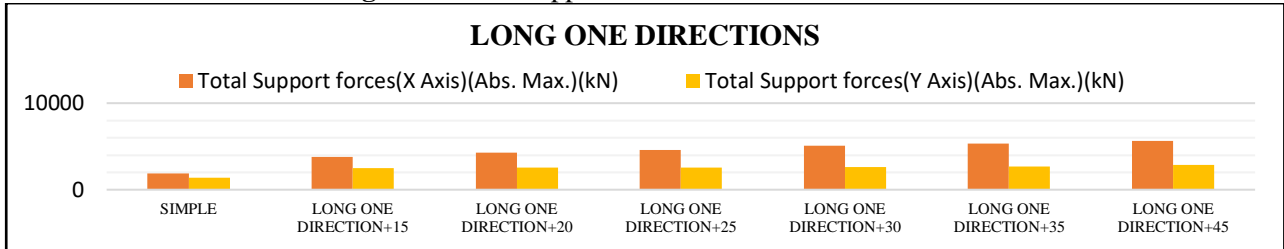


Figure 5. Total support forces in long one directions

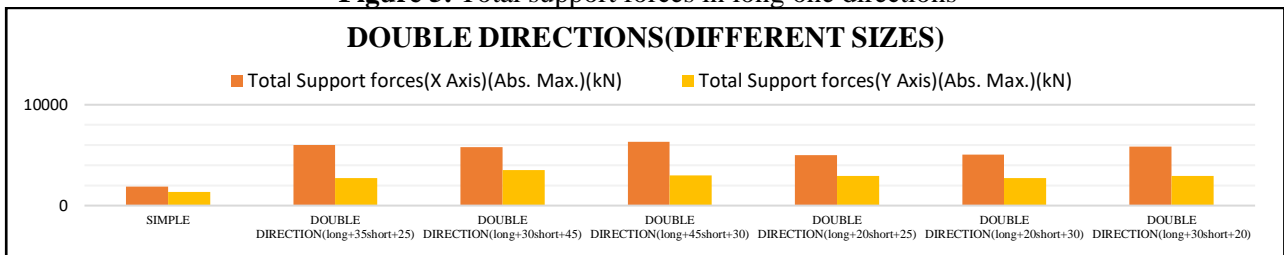


Figure 6. Total support forces in double directions (different sizes)

### Evaluation of the total support moments of the sample building

In this section, result of the analyses are made in the SeismoStruct program, graphs of total support moments are presented. Total support moments give more positive results in both directions. The result in the Y direction (weak axis) is even more positive. Since most of the columns in the existing building are on the exterior, the strengthening make only on the exterior yielded more positive results than the interior. Here, too, the weak axis is advantageous. In one directions, the result is weaker than in double directions. In addition, there may be problems in adherence in one way application. However, the most positive results were obtained in the two-way application by bringing the axes closer together. The system moves more balanced.

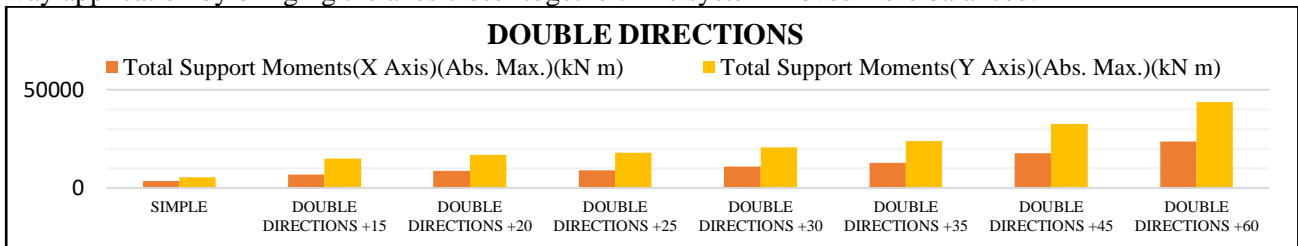


Figure 7. Total support moments in double directions

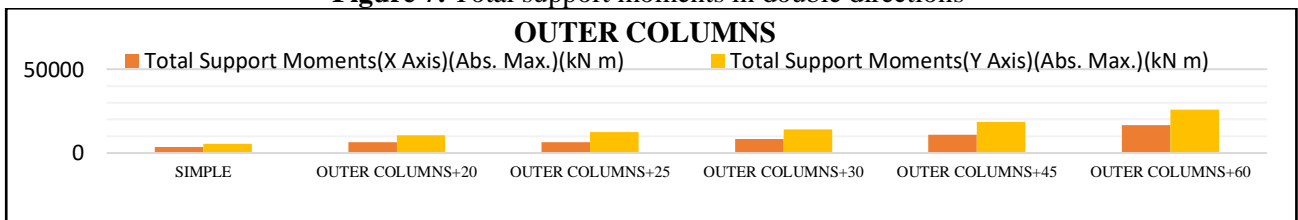


Figure 8. Total support moments in outer columns

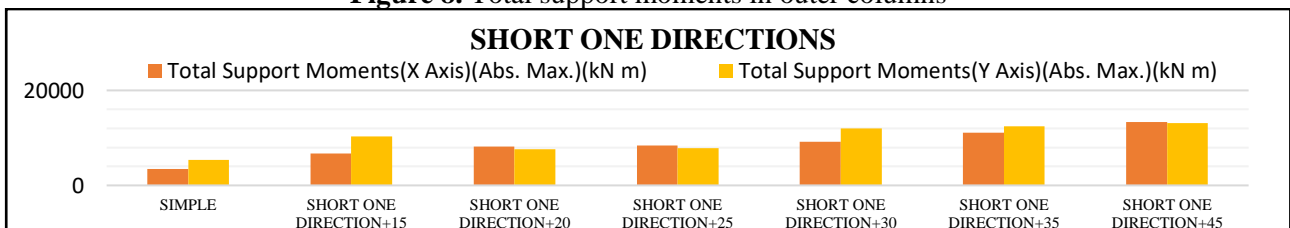


Figure 9. Total support moments in short one directions

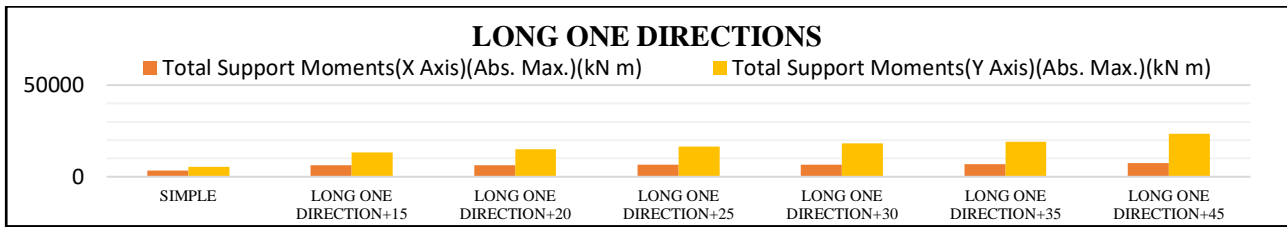


Figure 10. Total support moments in long one directions

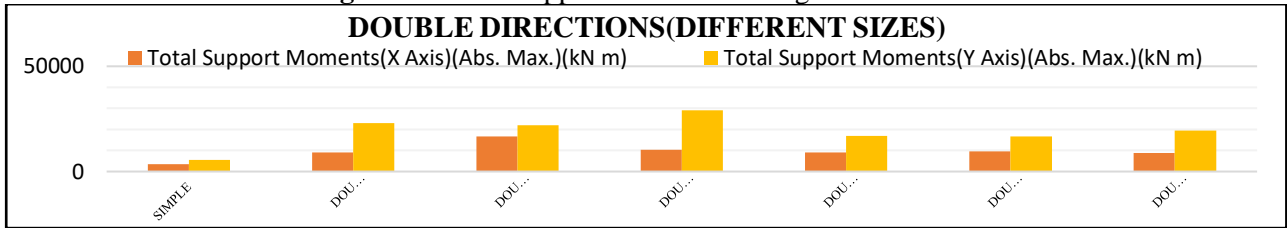


Figure 11. Total support moments in double directions (different sizes)

### Evaluation of the inter-story drift index of the sample building

In inter-story drift indexes, gradually increasing the thickness, a decrease occurs then it increases. Because the earthquake force formed is increasing. The results of the weak axis (Y axis) of the structure are more positive. Positive results were obtained in the strong axis (X axis) on the upper floors. This situation is caused by the high earthquake force acting on the strong axis. These results show that we cannot enlarge the sections unlimitedly in the jacketing method. If an increase is made more than necessary, the earthquake force affecting the structure increases and affects the structure negatively. Considering the results in general, considering the geometrical state of the structure and elements, the results may differ. However, more positive results were obtained when the bidirectional elements (especially short side) were increased more.

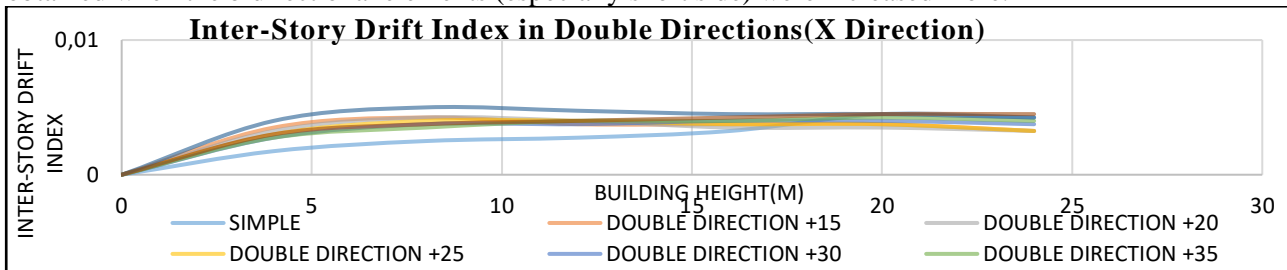


Figure 12. Inter-story drift index in double directions (X direction)

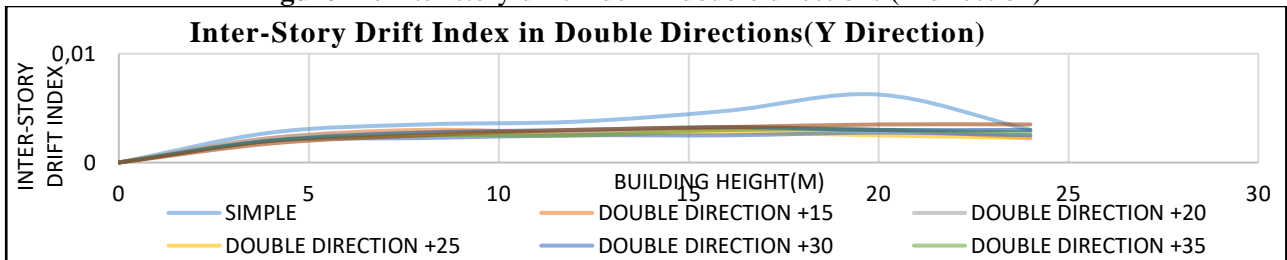


Figure 13. Inter-story drift index in double directions (Y direction)

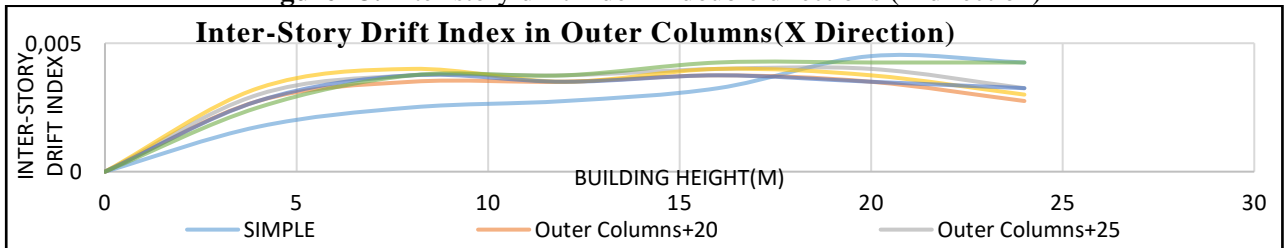


Figure 14. Inter-story drift index in outer columns (X direction)

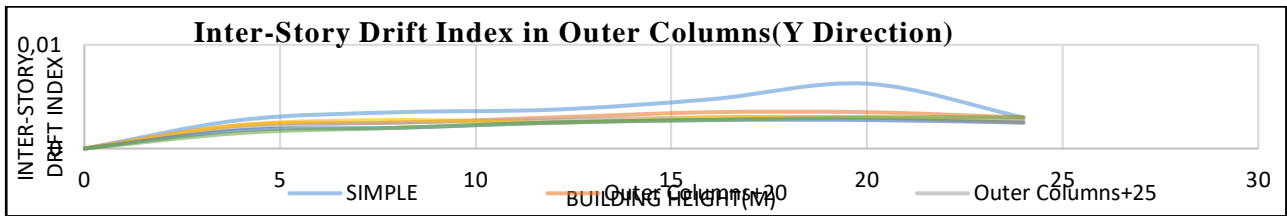


Figure 15. Inter-story drift index in outer columns (Y direction)

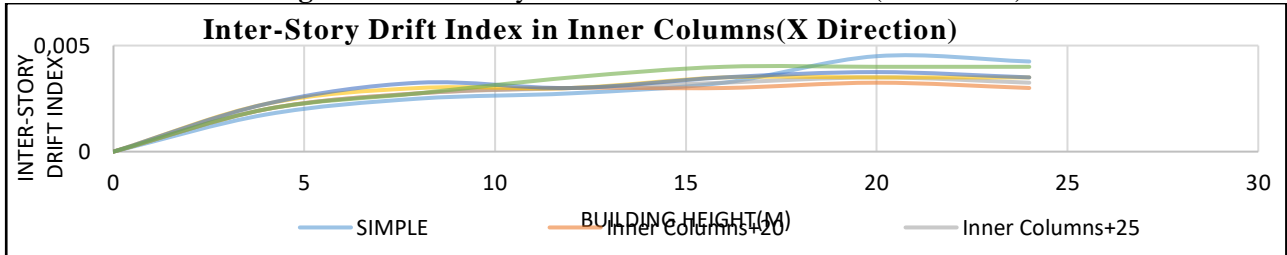


Figure 16. Inter-story drift index in inner columns (X direction)

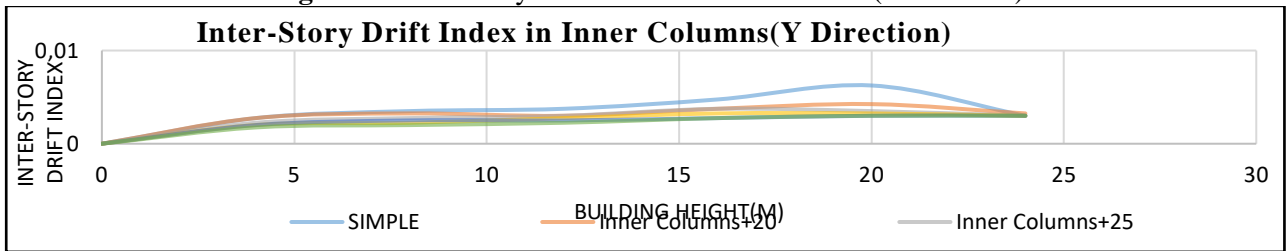


Figure 17. Inter-story drift index in inner columns (Y direction)

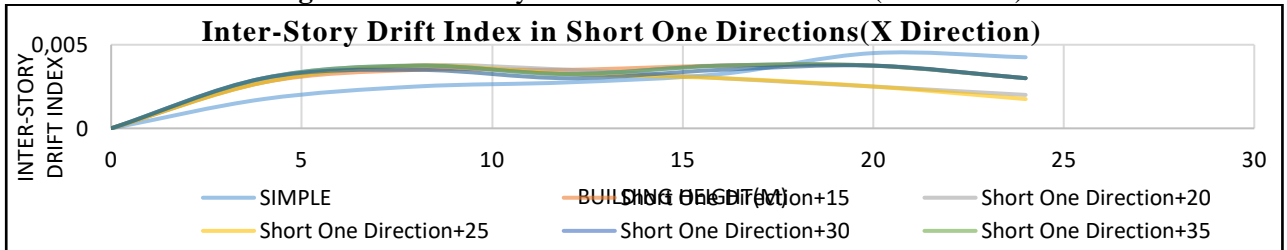


Figure 18. Inter-story drift index in short one direction (X direction)

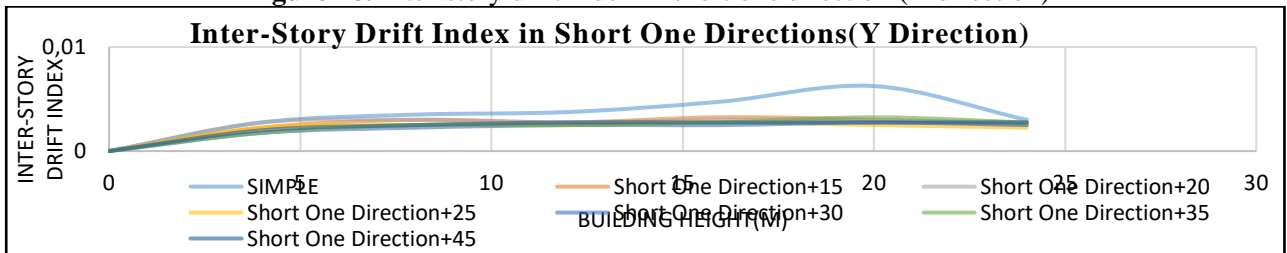


Figure 19. Inter-story drift index in short one direction (Y direction)

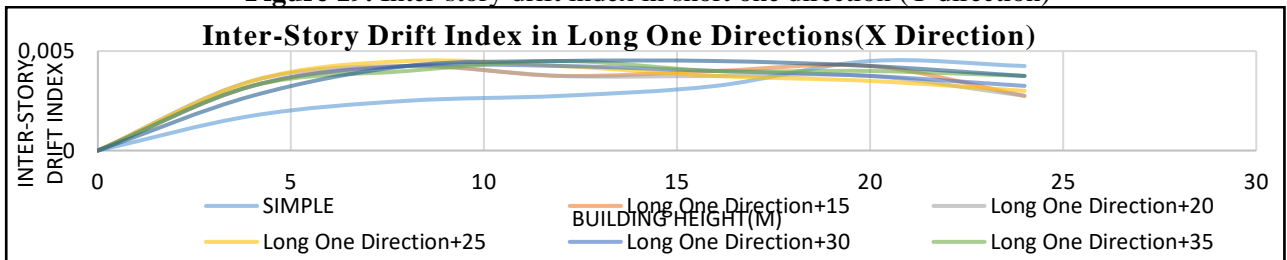


Figure 20. Inter-story drift index in long one direction (X direction)

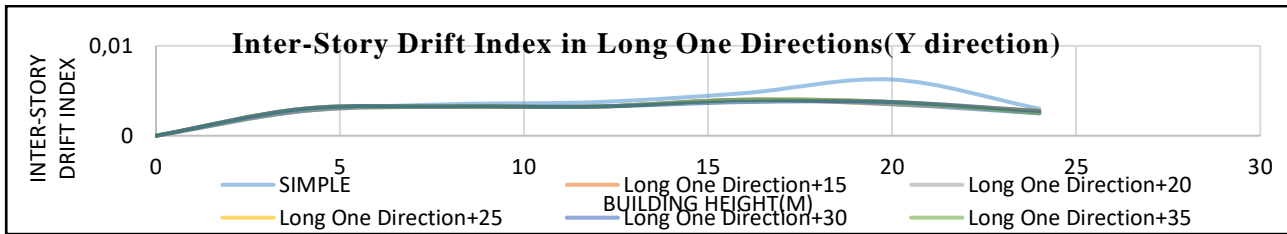


Figure 21. Inter-story drift index in long one direction (Y direction)

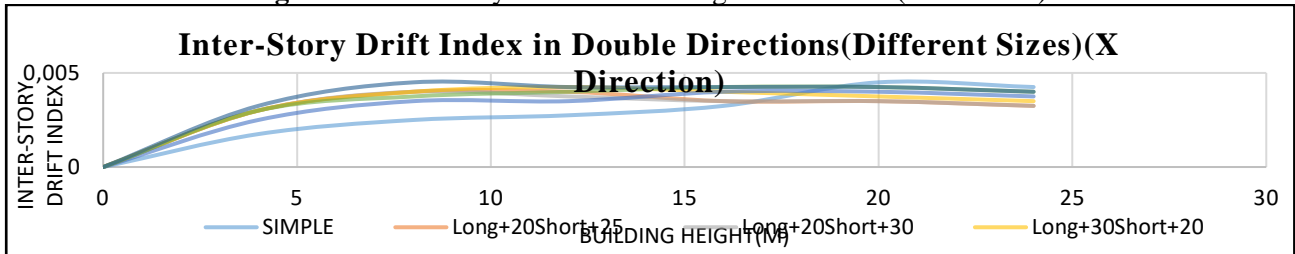


Figure 22. Inter-story drift index in double directions (X direction) (different sizes)

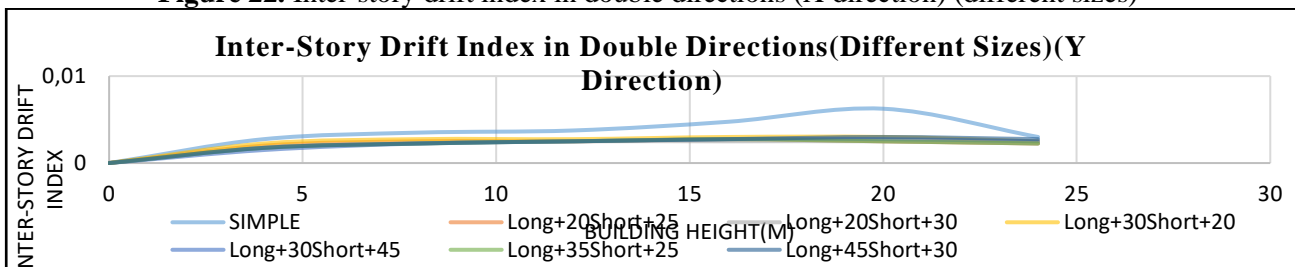


Figure 23. Inter-story drift index in double directions (Y direction) (different sizes)

### Strengthening sample application with frp

Researches are realized to increase the earthquake safety of existing reinforced concrete structures in our country. One of them is strengthening with FRP. These are very low-weight, high-strength, corrosion-resistant materials with high mechanical and physical properties. FRP is prefer for its corrosion resistance, its lightness and ease of use. In this section, the columns of a multi-storey reinforced concrete building used as a sample are wrapped according to the winding principles with FRP sheets in TBDY 2018. According to the results, the positive contribution of strengthening low strength concrete sections with FRP sheets was determined.

The columns of the building considered are aimed to be wrapped with CFRP in accordance with the principles of TBDY2018 to increase the shear force strength, axial compressive strength and ductility. The axial compressive strength, which is 16 MPa in the outer columns, is calculated as 35 MPa after the application of CFRP. In the inner columns, the axial compressive strength of 16 MPa is calculated as 25.48 MPa after the application. These results show the significant contribution of CFRP wrapping to the axial compressive strength of concrete. In this study, it has been determined that it is possible to wrap the columns with CFRP in accordance with the principles in TBDY2018, approximately to double the axial compressive strengths.

Total support force values of the CFRP application for the columns that need to be strengthened are presented graphically. It has been observed that CFRP material is sufficient in terms of total support forces when applied in accordance with the principles of TBDY2018. The difference is compared using full winding and intermittent applications. Although full winding is more positive as a result, it can be preferred for intermittent windings in terms of cost.

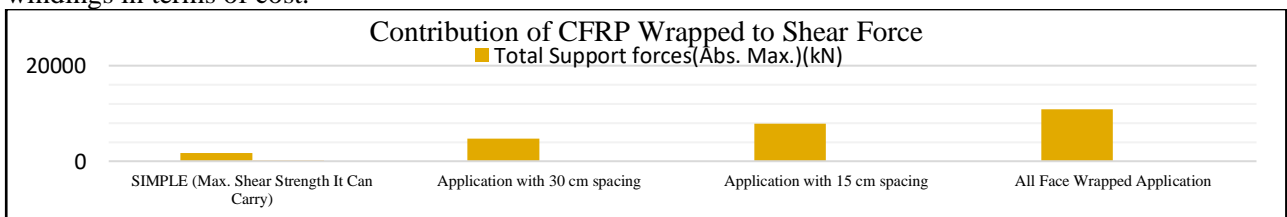


Figure 24. Total support forces for CFRP wrapped

## Cost analysis

The losses caused by earthquakes have revealed the need for a comprehensive pre-earthquake study in our country. Strengthening existing structures can be seen as an effective option to reduce earthquake damage. In this section, the strengthening methods used in the thesis study are also examined in terms of cost. The obtained results show the importance of examining the strengthening process in terms of cost.

**Table 1.** Cost information to be used

Building Reinforcement Budget: In Reinforced Concrete Jacket Structures		
1	Self compacting C30 concrete	580-620 TL/m <sup>3</sup>
2	Roughening of concrete surface	120-140 TL/m <sup>3</sup>
3	Sowing of reinforcing iron	50-80 TL/pieces
4	Additional column reinforcements	4000-4500TL/tons
Building Reinforcement Budget: CFRP Method		
We use average unit prices such as 500-550 TL/m <sup>2</sup> .		

The cost of Double direction (long + 30 short + 45) determined as the most appropriate result in the jacketing method was calculated. Although full wrapping application in CFRP has a much more positive effect than spacing application, it can be preferred in situations where spacing application is suitable due to cost. The jacketing method is more difficult to apply than the CFRP method. However, if there is a negative situation in terms of total support forces in the structure, CFRP can be preferred. The main assumption accepted in this study is that there is a linear relationship between total support forces and strengthening costs. The approximate costs as a result of the calculations present in the graphic below.

**Table 2.** Approximate costs

Approximate Costs		
CFRP	Application with 30 cm spacing	155400 TL
	Application with 15 cm spacing	248640 TL
	All face wrapped application	621600 TL
Application With Jacketing Method		149417.6 TL

## Conclusions

Many of the buildings in our country do not meet the required building standards. Therefore, the structural elements do not provide the required strength for an expected earthquake. Demolishing and rebuilding these structures requires a lot of cost. These structures need to be repaired or strengthened. It is necessary to decide where and how to repair and strengthen the building. Therefore, this decision should be submitted to the approval of experienced and knowledgeable people. Repair and strengthening in buildings can be done by various methods and materials. Very good projecting should be done and the most appropriate method should be chosen for the structure.

The behavior of the structural system under earthquake can be shown on the curve to be drawn between inter-story drift index and the total support force. Therefore, inter-story drift indexes were evaluated. In addition, total support forces and total support moments were evaluated. Total support forces and total support moments increase as the thickness of the jacketing increases in the structure. However, the inter-story drift index decreases and then increases. Because the earthquake forces affecting the structure are also increasing. The most suitable results were obtained in the double directions application in the jacketing method. Bringing the sections of the columns closer together in the plan of the building ensures the balanced behavior of the system. Therefore, the most appropriate results were obtained in double directions application by increasing the short section. Double direction (long + 30 short + 45) has been accepted as the most appropriate result for the structure. In addition, it was observed that the building has a large ratio between the long edge and the short edge in the floor plan, which negatively affects the behavior of the building.

It was also used in the reinforcement method with CFRP. Here, the total support forces have increased significantly in the full winding application. However, it can also be applied in terms of cost if it is suitable for spacing applications. Also, the basic assumption in cost implementation is that there is a linear relationship between total support forces and strengthening cost.



The jacketing method and CFRP are among the strengthening methods applied in our country. When the results obtained from this thesis study are examined, it can be seen that the strengthening on the basis of the element with the jacketing method and CFRP significantly improved the earthquake behavior of the building.

## References

- Atımtay, E.. (2001). *Design of framed and shear wall reinforced concrete systems*. 2nd edition. METU Press: Ankara.
- Aydinoğlu, M. N.. (2018). *Turkish earthquake building regulations training handbook*. Lotus Life Ajans: Ankara.
- Celep, Z.. (2018). *Introduction to earthquake engineering and earthquake resistant building design*. İhlas Typography: İstanbul.
- AFAD. Disaster and Emergency Management Department. 2018. Turkey earthquake building regulations. Ankara
- TSE. Turkish Standards Institute. 1987. Design loads for buildings. TS 498. Ankara
- TSE. Turkish Standards Institute. 2000. Requirements for design and construction of reinforced concrete structures. TS 500. Ankara
- Umu, S., Yılmaz, G.. Damages to building. 2000. <http://w3.bilecik.edu.tr/insaat-en/wp-content/uploads/sites/118/2017/10/5-YAPILARDA-HASAR-BETONARME-YAPI-HASARLARI.pdf>
- METU/EERC. Middle East Technical University Earthquake Engineering Research Center. 2011. 23 October 2011 Mw 7.2 Van earthquake seismic and structural damage of field observations. Report No: METU/EERC 2011-04
- SeismoStruct, Academic version. 2018
- ProtaStructure, Student version. 2019

## Comparative study of solar cell energy harvesting with non-rotating and rotating platforms imitating sun tracking and non-tracking applications

Gulernur Ozturk, Dexter Chintu, Veli Tayfun Kilic<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6806-9053>)

<sup>1</sup>Abdullah Gul University, School of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kayseri, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [tayfun.kilic@agu.edu.tr](mailto:tayfun.kilic@agu.edu.tr)

### Abstract

This paper reports a solar energy harvesting system with and without rotating platforms to store and use the harvested energy. The designed system consists of a platform that is both non-rotating and rotating imitating sun tracking and non-tracking applications, respectively. In the designed system multiple solar cells are used and located on the platform to construct a two-dimensional (2D) array. For proof of concept demonstration, the designed system was built with array of coils and energy harvesting efficiency measurements were obtained. Measurements were repeated for both series and parallel connections of the solar cells. Results show that the maximum efficiency is obtained in the case where the solar cells are connected in series and they are located on non-rotating platform.

**Keywords:** Solar energy, energy harvesting, rotating platform.

### INTRODUCTION

Solar energy is a great source of renewable energy with the potential to meet challenges facing the world. Solar energy increases its share in the energy market and its popularity in human life day by day because it has many benefits for people and environment (Frankfurt School of Finance & Management gGmbH, 2014). Besides all other advantages, solar energy is a clean source. Despite fossil fuels, solar energy does not cause any pollution while being converted into other types of energies and used. The World Wildlife Fund (WWF), clarified that electricity production from fossil fuels causes air pollution, acid rains in forests, and decrease in agricultural production which results billions of dollars worldwide loss (Chelani and Devotta, 2007). Another type of energy that is popular in today's world is nuclear energy. Although huge amounts of nuclear energy can be produced from tiny particles, producing nuclear energy leaves nuclear wastes behind, which are too dangerous for human life. Unfortunately, in history there are several terrible disasters caused by nuclear power plants.

Power generation is one of the biggest challenges for the next half century because of reduction in fossil fuels and harmful wastes produced from nuclear energy production. On the other hand, solar energy is a cheap, clean and safe energy that is easy to be stored and to be used (Kirpichnikova and Maliugina, 2016). Therefore, converting solar energy into electrical energy by using photovoltaic panels is preferred over other energy sources (Ardani et al., 2013). However, energy harvesting process is not at desired level compared to fossil fuels and nuclear energy (Aziz and Hassan, 2017).

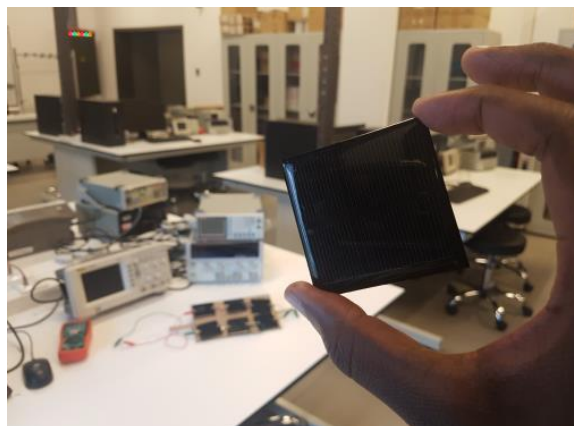
In the process of converting solar energy, photovoltaic panels and cells are usually used that are made from silicon based on materials (Mousazadeh et al., 2009). Photovoltaic effect is the basis by which these panels and cells work. It is a process in which two dissimilar materials in close contact produce an electrical potential when struck by light (Al-Naima and Yaghobian, 1990). The active part of a photovoltaic cell, also known as solar cell, is made from semi conductive materials such as silicon and germanium. Electrons are not usually free to move in crystal structures of these semiconductor materials when light is concentrated onto them (Smestad, 1996). Nevertheless, the light provides enough energy to free some of these electrons from their bounded state. These free electrons are able to move from the top layer of the semiconductor (also known as N-Type) to the bottom layer (also known as P-Type). Implementing a conducting material like a wire between top (N-Type) and bottom (P-Type) layers provides a pathway for the electrons to move, which results in electrical current (Deepthi et al., 2013). This process continues as long as light strikes the panel or the cell. Generally, light with a wavelength of 350 – 1140 nm is absorbed by the solar cell (Khan et al., 2010). To increase energy harvesting efficiency of solar systems improvements in system components including solar cells, and system level developments continue.

In this paper, different types of solar energy harvesting systems are reviewed and advantages and disadvantages are discussed in detail. In the constructed systems solar cells are connected differently and they are placed on

a rotating and a non-rotating platform. As a result, the most efficient system is determined. Moreover, investigation and understanding the change of efficiency with rotation of solar cells depending on the sun's position is achieved.

### DESIGNED SYSTEM and EXPERIMENTS

We designed and constructed the systems consist of array of solar cells with different numbers, and obtained measurements with these systems. By this way, it is aimed to see and understand changes in solar energy harvesting efficiency of the systems with the number of cells. In Figure 1 photo of a solar cell used in the constructed systems is shown. This solar cell is cheap and commercially available. It has 5.3 cm x 5.3 cm surface dimensions, i.e., width and length, and its thickness is around 0.5 cm.



**Figure 10.** Photo of a solar cell used in the constructed systems.

In the prototyped multiple solar cells system 6 solar panels are mounted on a platform by constructing a 2x3 array. The platform is made of wood for lightweight and easy rotation. In Figure 2, constructed system consisting of 6 solar cells on the platform is shown together with a multimeter during the experiments.



**Figure 2.** Photo of the constructed system consisting of 6 solar cells on the platform together with a multimeter during the experiments.

The experiments were repeated for the platform rotated and did not rotate. In the case of non-rotating platform, solar cell positions were set to have right angle with the incoming light. Therefore, this case corresponds to solar cell tracking sun application. On the other hand, in the second case the platform was rotated. As the platform rotates the angle between the cells and the incoming light changes. Initially, the platform and the cells

are rotated by 30° and 90° with respect to the initial positions. Since sunlight perpendicularly hits the surface of the solar cells at initial state, 0° rotation, i.e., no rotation at initial position of the cells, corresponds to 90° incident angle. Similarly, 30° and 90° platform rotations correspond to 120° and 180° incident angles, respectively. In the case of 90° platform rotation, i.e., 180° incident angle, the sunlight becomes parallel to the cell surface. Therefore, angles beyond 180° were not taken into account. For the cases in which platform rotates more than 90° and the incident angle is larger than 180°, the output voltage and current values generated by the cells are very low. On the other hand, in the case of 0° rotation, i.e., 90° incident angle, since sunlight is normal to the cell surfaces, the highest energy harvesting efficiency is achieved in this case. Therefore, in our experiments the system with non-rotating platform models sun tracking systems, whereas the system with rotating platform imitates the systems in which solar cells do not track the sun.

## MEASUREMENT METHOD

Current and voltages were measured on the constructed systems at the output with help of a multimeter. The multimeter connected to the system output is seen in Figure 2, where the instantaneously measured voltage is 19.3 V. Even though the represented system consists of 6 solar cells, experiments and measurements of the system consisting of 4 and 5 solar cells were conducted, too.

The voltages and currents were measured during noon when the sun was most intense and the measurement results were recorded every minute for 30 minutes. From the measurements that we obtained, current and voltage variations with time were attained. These variations are shown and discussed in detail in the result section. In the result section, only the results for the system that consists of 6 solar cells are shown because in the system measurements with 4 and 5 solar cells very similar results were obtained as expected. However, in the system measurements with 4 and 5 solar cells the output voltage and current are lower than that measured with the system consisting of 6 solar cells, which is also expected.

The voltage and current measurements were repeated for the cases in which the platform was non-rotating and rotating. However, in the second case where the platform was rotating, a simple Arduino code was written for two servo motors that were used to rotate the platform every minute based on the angles that were mentioned previously. Resultantly, for the case of rotating platform voltage and current variations with the angle were found. These changes are also illustrated and discussed in the results section below.

Moreover, in both cases from the measured currents and voltages output power, i.e., harvested energy by the system per unit time, was calculated by using Eq. (1). In addition, system efficiency was found by using Eq. (2).

$$P = V \cdot I \quad (1)$$

$$\eta = \frac{V \cdot I}{G \cdot A} \quad (2)$$

In the equations,  $V$  and  $I$  represent measured voltage and current amplitudes, respectively. Also, in Eq. (1)  $P$  represents the output power. Similarly, in Eq. (2)  $\eta$  stands for the system efficiency, and  $G$  and  $A$  symbolize the radiation intensity per unit area generated by the sun and total area of the solar cells, respectively. In our designed system, total surface area of the solar cells is 0.016854 m<sup>2</sup> (5.3 cm x 5.3 cm x 6 = 168.54 cm<sup>2</sup>). Also, the radiation intensity of the sun is determined to be 10<sup>3</sup> W/m<sup>2</sup>.

## RESULTS AND DISCUSSION

We analyzed the multiple solar cells system with experiments. The constructed system is shown in Figure 2 and measurement method is described in detail in the previous section. During measurements six cells aligned in a 2x3 array were first connected in parallel and then in series. By this way, a fair comparison between the cells' different connections is achieved. Measurements were repeated for the two connection types with both the rotating and non-rotating platform. Average values of the measured current and voltage signal amplitudes are given in Table 1 together with the output power calculated from the measured short circuit current and open circuit voltage signal amplitudes using Eq. (1).

**Table 4.** Measured Voltage and Current Amplitudes Together with the Calculated Power

Cell Connection Type	Platform Rotation	Voltage (V)	Current (mA)	Power (mW)
Parallel	No	4.7	162.0	761.4
	Yes	4.1	79.0	323.9
Series	No	19.3	91.0	1756.3
	Yes	17.2	43.6	749.92

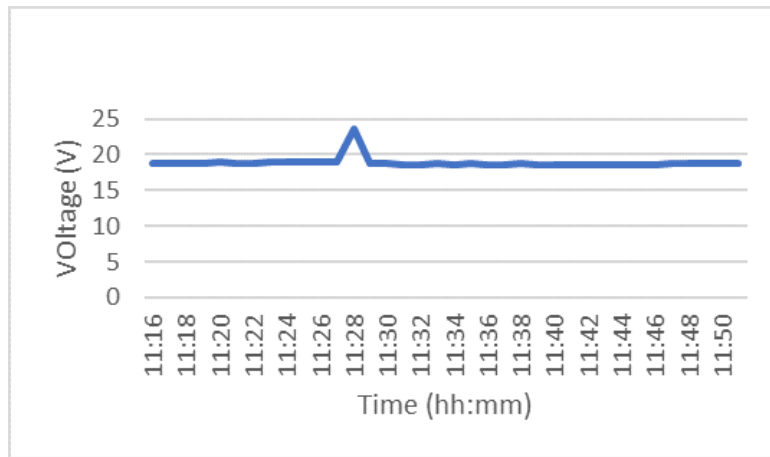
As shown in Table 1, output voltage is lower in the cases where the cells are connected in parallel than that obtained in the cases where the cells are connected in series. However, the output current level is higher in the cases of the cells' parallel connection than in the cases of the cells' series connection for the same rotating or non-rotating platform condition. This is expected due to the fact that connecting power supplies in series increases the output voltage, whereas by connecting them in parallel the output current is increased.

On the other hand, in Table 1 it is also seen that both currents and voltages are higher in the cases where the platform is non-rotating compared to the cases where the platform is rotating. This is also expected because in the non-rotating platform system sunlight hits the cells vertically all the time but in the rotating platform system incident angle between the cells and the sunlight changes continuously. The maximum output power is achieved in the system where the cells are connected in series on a non-rotating platform. System efficiency was calculated for all the cases by using Eq. (2) and given in Table 2. In the table, as expected, it is seen that the highest efficiency value is obtained in the system where the cells are connected in series and the platform is non-rotating. The efficiency values obtained with the designed systems can be enhanced further by replacing the used solar cells with some other cells having higher solar energy harvesting efficiencies.

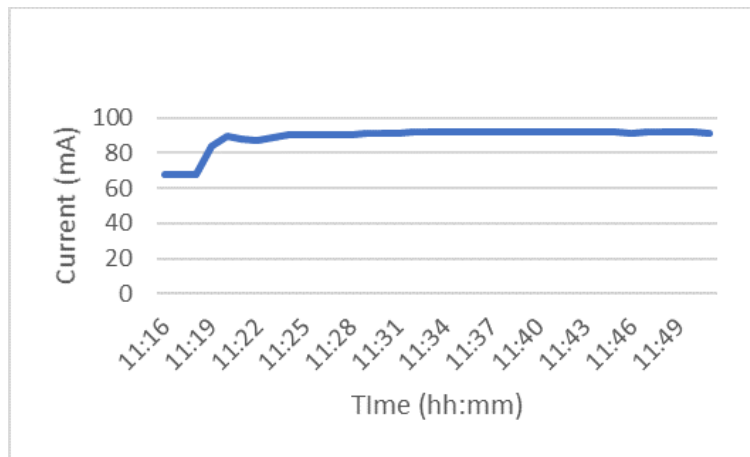
**Table 5.** Calculated Efficiency Values

Cell Connection Type	Platform Rotation	Efficiency (%)
Parallel	No	4.52
	Yes	1.92
Series	No	10.42
	Yes	4.45

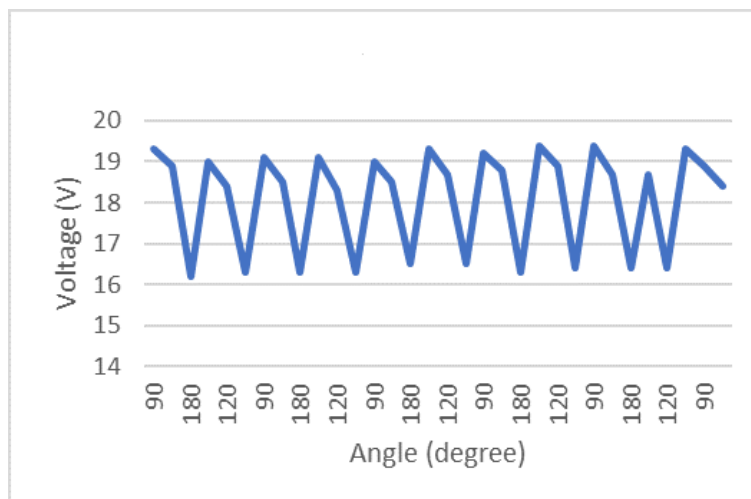
Moreover, to understand the difference between the output voltage and current signal amplitudes of the systems with the platform rotation, voltage and current signal amplitude variations in the system with solar cells connected in series are shown in Figures 3 and 4, respectively, for the non-rotating platform case; and represented in Figures 5 and 6, respectively, for the rotating platform case.



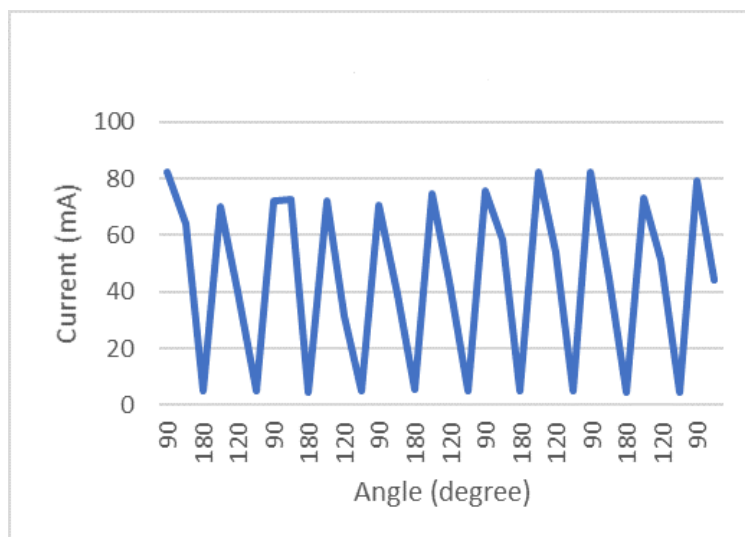
**Figure 3.** Change of the output voltage amplitude with time for the 6 cells connected in series on the non-rotating platform.



**Figure 4.** Change of the output current amplitude with time for the 6 cells connected in series on the non-rotating platform.



**Figure 5.** Change of the output voltage amplitude with angle for the 6 cells connected in series on the rotating platform.



**Figure 6.** Change of the output current amplitude with angle for the 6 cells connected in series on the rotating platform.

In Figures 3 and 4 it is seen that the output voltage and current signal amplitudes are constant with time. It is expected because in the system with non-rotating platform sunlight always hits the cells vertically thus high efficiency is achieved. In Figure 3 there is a sudden spike in the voltage signal amplitude. This is a measurement error and it does not affect the average output voltage signal amplitude and the output power together with the system efficiency considerably. Similarly, in Figure 4 it is seen that at the beginning the current level is low for approximately 3 minutes and then it increases very quickly and reaches to a constant value. The low current values observed at initial times are because of presence of the clouds in air. However, as it is seen in the figure with the removal of the clouds current level reaches to its steady state value. To eliminate the clouding effect, initial values in the figure were not taken into account while calculating the average current amplitude value. Nevertheless, decrease in the output current signal amplitude with existence of the clouds demonstrates that the output current signal amplitude and efficiency of the system are directly related to the light intensity as expected. On the other hand, since there is no change in the output voltage amplitude (see Figure 3) simultaneously occurring with decrease in the output current signal amplitude (see Figure 4), it can be deduced that the presence of a cloud does not significantly affect the output voltage of the designed system.

Furthermore, in Figures 5 and 6 it is observed that the maximum output voltage and current are obtained when the incident angle is  $90^\circ$ , i.e., sunlight is normal to the cell surfaces (Mousazadeh et al., 2009). This is another expected result and it proves that the sun tracking system, i.e., the system with non-rotating platform in our experiments, is the most efficient. In the figure, it is also seen that the output voltage and current of the constructed system decrease as the platform rotates more.

## CONCLUSION

In this study, solar energy harvesting system consists of an array of solar cells is investigated. Systems with multiple solar cells forming a 2D array located on a rotatable platform were examined. Experiments were performed with the constructed prototype system consisting of 6 solar cells aligned in a 2x3 array. Voltage and current amplitudes at the system output were recorded and power that is the harvested energy per unit time was calculated together with the system efficiency. Measurements were repeated for the platform's rotating and non-rotating cases together with series and parallel connections of the cells. Results show that the harvested energy and the system efficiency increase with the series connection of the cells with respect to parallel connection. Also, in cases where the platform is non-rotating and sunlight hits the cells with approximately  $90^\circ$  all the times, efficiency is found to be higher. The maximum efficiency of 10.42% is achieved in the designed system. This study is beneficial in terms of demonstrating efficiency enhancements in solar tracking systems with series connection of the cells in an array usage. Current extension of this work focuses on storage and transfer of the harvested energy.

## **REFERENCES**

- Al-Naima FM, Yaghobian NA 1990. Design and construction of a solar tracking system. *Solar & Wind Technology*, 7: 611-617.
- Chelani AB, Devotta S 2007. Air quality assessment in Delhi: before and after CNG as fuel. *Environmental Monitoring and Assessment*, 125: 257-263.
- Ardani K, Seif D, Margolis R, Morris J, Davidson C, Truitt S, Torbert R 2013. Non-Hardware (“Soft”) Cost-Reduction Roadmap for Residential and Small Commercial Solar Photovoltaics, 2013-2020, National Renewable Energy Laboratory (NREL) Technical Report. Available at: <https://www.nrel.gov/docs/fy13osti/59155.pdf> [08.08.20]
- Aziz S, Hassan S 2017. On improving the efficiency of a solar panel tracking system. *Procedia Manufacturing*, 7: 218-224.
- Deepthi S, Ponni A, Ranjitha R, Dhanabal R 2013. Comparison of efficiencies of single-axis tracking system and dual-axis tracking system with fixed mount. *International Journal of Engineering Science and Innovative Technology*, 2: 425-430.
- Frankfurt School of Finance & Management gGmbH 2014. Global Trends in Renewable Energy Investment 2014, Frankfurt School-UNEP Collaborating Center, the United Nations Environment Programme (UNEP) and Bloomberg New Energy Finance (BNEF) Report. Available at: [https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/UNEP\\_globaltrendsrenewablereport2014.pdf](https://www.greengrowthknowledge.org/sites/default/files/downloads/resource/UNEP_globaltrendsrenewablereport2014.pdf) [08.08.20]
- Khan MTA, Tanzil SMS, Rahman R, Alam SMS 2010. Design and construction of an automatic solar tracking system. *International Conference on Electrical & Computer Engineering (ICECE 2010)*, Dhaka, 326-329.
- Kirpichnikova IM, Maliugina AA 2016. The energy efficiency of photovoltaic power plants. *2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM)*, Chelyabinsk, 1-3.
- Mousazadeh H, Keyhani A, Javadi A, Mobli H, Abrinia K, Sharifi A 2009. A review of principle and sun-tracking methods for maximizing solar systems output. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13: 1800-1818.
- Smestad G 1996. Book reviews: Semiconductors for solar cells. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 43: 425-426.



## Estimation of design effort of jigs and fixtures used in aviation industry by machine learning methods

Umut Aktan<sup>1</sup> (ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-6410-5720>),  
Mehmet Dikmen<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0584-5577>)

<sup>1</sup> Turkish Aerospace Company, Kazan Ankara Turkiye.

<sup>2</sup> Başkent University, Computer Engineering, Etimesgut Ankara Turkiye.

Corresponding author e-mail: nazmiumut@gmail.com, mdikmen@baskent.edu.tr

### Abstract

The tools (jigs and fixtures) used in the aerospace industry show a great variety. Around 5000 tools should be designed and manufactured for an average 2-people turboprop aircraft. These tools can only be used to manufacture a specific product. Similarly, design and manufacturing processes should be repeated for each new model aerospace product.

Design effort is one of the most unpredictable processes of the product life cycle. It is generally based on expert opinion and is a problem of companies. The design of a large amount of tools with similar functions but different geometries makes it difficult to make predictions in terms of effort, schedule and cost at the beginning of the projects.

This paper proposes a machine learning method for prediction of tool design effort using existing technical requirements and actual efforts.

**Keywords:** tool design, machine learning, design effort estimation, aerospace tooling

### INTRODUCTION

Due to the limited resources in the world and the increasing competition, it has made it compulsory to decrease the design and production costs continuously. At this point, the estimation of design and production effort directly affects product cost efficiency.

Various methods have been developed for estimating design effort over the years. Bashir and Thomson (2001) developed an analogy based method; by defining the project parameters as a matrix, it was tried to determine the design effort similar to the various inputs collected with the maximum eigenvector approach. Benedetto and Silva (2018) created a framework that can support design prediction. Similarly Martin and Ishii (1996) developed Design for Variety method focused on varieties on design parameters.

Salam and Bhuiyan (2016) did a case study at Pratt & Whitney-Canada Company about compressor fan design. They founded that neural networks could be used in order to compare parametric based design models.

Each tool has some specific purpose and should be designed for specified purpose. Moreover different projects or customers may require different design standards. Therefore, all requirements must be specified before design process.

Since, the design process effort depends on many factors, it is not easy to find a parameterized solution without actual design requirements and actual effort data.

This paper introduces a machine learning method for design effort prediction using existing design requirements data and actual efforts.

### RESEARCH

#### Tool (Jig and Fixture) Design

Mass production requires repeatability and interchangeability. In order to achieve this, tools are needed to facilitate the production steps and reduce the possibility of making mistakes. In addition, some manufacturing processes require to change the material to the extreme condition with high pressure, force or temperature. Tooling is the only solution to achieve such extreme conditions that should be reached.

Tools can be designed and manufactured for a variety of purposes. For example, machining fixtures, sheet metal forming fixtures, assembly fixtures, composite lay-up tools, transporting jigs, etc. The size of tools can vary from few centimeters to tens of meters. (Figure 1 and Figure 2)



**Figure 1.** Example of tool; Robotic drill holding fixture



**Figure 2.** Example of tool; Composite fiber placement tool

Poli (2001) describes “The Design” as the series of activities by which the information known and recorded about a designed object is added to, refined (i.e., made more detailed), modified, or made more or less certain. Each tool should have enough technical requirements and specifications to be designed. Also, all design processes require a certain amount of design consideration before they can be designed. The complexity of the requirements increases the design effort.

To cope with such complexity, various Product Lifecycle Management (PLM) systems are developed. Siemens Digital Industries Software (2020) PLM, Collaborative Innovation (2020) ENOVIA, SAP SE (2020), Agile Product Lifecycle Management ORACLE (2020) are the examples of PLM solutions that are used in design for manufacture (DFM) process.

PLM embedded Computer Aided Design (CAD) systems are used in aerospace industry. NX (2020) and Design Engineering | CATIA Dassault Systems (2020) are most common software that are used. These kind software eases the design process with great visualization and analysis solutions.

### Collecting Tool Requirements Data

Design process requires specifications. Similarly, a tool design process can be started only if requirements are clearly stated in a data package. These packages may contain project requirements, 3D model / 2D technical drawings, engineering requirements, part or material list (BOM - Bill of Material) and product revisions.

Design engineer examines supplied data package and starts design considering engineering and tool design standards, performance / cost optimization and manufacturability by using CAD / CAE (Computer Aided Engineering) tools. Also, checking and validation are compulsory before releasing a tool design.

All data including designer's effort are commonly stored in corporate databases in almost all aerospace companies. These data can be accessed by using database queries, easily. Figure 3 shows a sample tool requirements document.

TOOL ORDER AND INSPECTION RECORD									
PART NO		TOOL CODE		TOOL NUMBER			TOOL SERI NO - T149774L		
####-####-##		APFX		XY####			T149774L		
WARNING: THIS TOOL AFFECTS THE PART PRODUCTION, PRODUCTION STOPPED.									
ROUTING		TOOL ORDER TYPE			B/P NO		REV	M/F MEDIA LIST	
TOOL DESIGN		X	TOCN-A		70211-02512_FS007		AJ	B/P	X
					ECN				
TOOL MFG PLAN		X	TRIAL RUN/PROOF LOAD					CAD	
			TRIAL Run REQ			M/F MEDIA			
DETAILS			METAR NO	QAR NO		CAD MODEL:N/A REV:		LOFT OR MASTER TOOL	
TOOL MFG.		X	REF TOOLS		REF VENDOR TOOL NO		SAMPLE PART		
			N/A						
MAKE FROM			USE TO MAKE			DUPLICATE TOOL			
PART NO		TOOL NO		PART NO1		TOOL NO		TOOL NO	
STAMP A-U ON				RE-STAMP					
PART NO 1		PART NO 2		OLD PART NO		NEW PART NO			
SWBS	IND	TV	SHIP	RFO		WORKORDER		INSPECTION	
GM221	0	DGF	0						
PLANT	TOOL CAT	CL.CODE	MTE TOOL	CORRECT TOOL / PLAN		GMLGN003			
GMH	1	20	T						
QAL TYPE	QTY	I/R	TOOL MAKER		SHOP				
1	1	NO							
DEPT MAKE	DEPT USE/TC	EFFECTIV. CONTROL							
L3431	GM20	NO							
NOMENCLATURE		RH STA308 FRAME							
PREPARED BY			APPROVED BY			DATE		TM GROUP	
ELIP ÇAKIRGÖZ / 3400			ÇAŞLAR TOMA / 5648			25/05/2018			
MANUFACTURING INSTRUCTION									
-- DESIGN AND MANUFACTURE AN APPLY FIXTURE FOR ####-###-#### RH STA308 FRAME AT GM221.									
-- TOOL CODE IS CHANGED AS APFX.									
-- THIS TOOL WILL BE USED TO LOCATE DETAIL PARTS AND WILL ALSO BE USED FOR HOLE TRANSFER PROCESS.									

Figure 3. Example of tool requirements document of an apply fixture will be used in assembly operations.

### Data Processing

One of the challenge predicting design effort that the tool requirements as input data are all non-numeric. For this reason, a proper encoding method must be applied.

There are various encoding methods available in the literature [12]. In this research, ordinal and binary encoding are compared according to trained model performance.

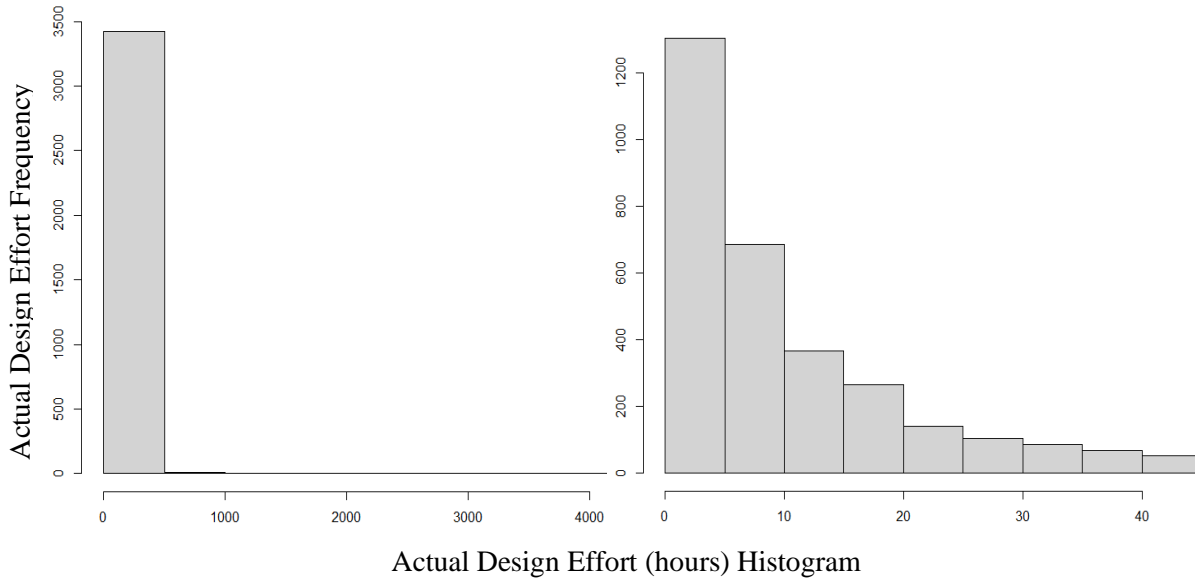
Table 1. Machine Learning RMSE performance comparison between Ordinal and Binary encoding methods

ENCODING METHOD	MACHINE LEARNING METHOD (RMSE)			AVERAGE (RMSE)
	Linear Regression	Decision Tree	Support Vector Machine	
Ordinal	82.77	80.22	76.67	79.89
Binary	64.31	63.05	55.29	60.88

After testing with raw tool requirements data (Table 1), Binary Encoding yielded lower RMSE results.

Another problem that needs to be overcome is the high number of parameters obtained by the diversity of tool requirement data.

This size requires more computing power and memory. In addition, the multicollinearity between these parameters should be checked since, redundant information cause bias in the output. Same approach can be applied to the actual design effort data. Figure 4 shows the histogram of the actual effort before and after cleaning up the redundant data.



**Figure 4.** The histogram data of actual design effort before cleanup (left) and after cleanup (right)

### Machine Learning Process

In this research, various machine learning methods and iterations have been made to find the best result. In common, binary encoded data was used in all machine learning methods and validation was performed with 20% of the data. These iterations are presented under the following headings;

#### A. Training with raw data

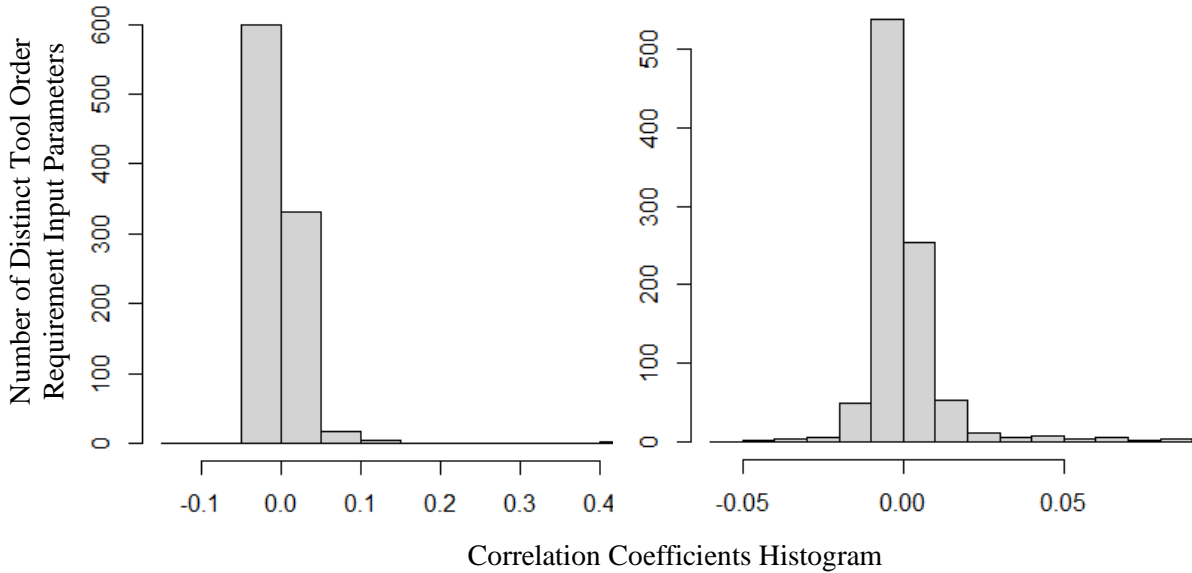
In this iteration, binary encoded raw tool requirements data is trained with the machine learning methods without performing any cleanup stated in Table 2. Gaussian Process Regression method yields better result out of five machine learning methods.

**Table 2.** Trained model results with raw tool requirements data

	<b>RMSE</b>
<b>Linear Regression</b>	45,3285
<b>Decision Tree</b>	41.4070
<b>Support Vector Machine</b>	44.7683
<b>Ensemble</b>	40.8260
<b>Gaussian Process Regression</b>	36.1933

#### B. Training with normalized correlation coefficients

After removing the properties that shows normal distribution in the correlation coefficient obtained from Pearson Correlation (Figure 5), a sufficient positive change in the results of machine learning was not observed. (Table 3.)



**Figure 5.** The distribution data between number of distinct input parameters vs Pearson Correlation Coefficients. Before cleanup (left) and normal distribution of Pearson Correlation Coefficients to be removed (right)

In this iteration again Gaussian Process Regression yields better result.

**Table 3.** Trained model results with normalized correlation coefficient.

	<b>RMSE</b>
<b>Linear Regression</b>	37.0740
<b>Decision Tree</b>	36.3043
<b>Support Vector Machine</b>	37.1847
<b>Ensemble</b>	36.2410
<b>Gaussian Process Regression</b>	35.9870

### C. Rearranging training data with expert opinion

Although some improvement can be achieved with stated methods, input data for machine learning needs to be better examined. Therefore, inconsistent items in the data should be cleaned using an expert opinion.

The design expert cleared out inconsistent and user-related errors in the data. Such as ambiguous designer working hour inputs, inconsistent tool requirements data. Much successful results have been obtained after cleaning data with design expert support. (Table.4)

**Table 4.** Trained model results with expert opinion

	<b>RMSE</b>
<b>Linear Regression</b>	8.7635
<b>Decision Tree</b>	8.8633
<b>Support Vector Machine</b>	9.0507
<b>Ensemble</b>	8.5976
<b>Gaussian Process Regression</b>	8.4175

Gaussian Process Regression is the best machine learning method for evaluating tool design effort with 8.4175 RMSE value.

## **CONCLUSION AND DISCUSSION**

Tool design effort one of the unpredictable process in aerospace industry. Because there are so many factors to consider.

In this research, a method has been developed for using machine learning in order to estimate tool design effort. Also this method can be adapted many other design process if requirements are well defined and previous effort data are available.

Further study can be done with different encoding method other than binary encoding. In this study “Manufacturing Instruction” area in tool requirements (Figure 3) is not taken into account. However an algorithm can be designed for interpreting and encoding text data in “Manufacturing Instruction” area. For example Word2Vec can be used for encoding.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

This study was supported by Turkish Aerospace Company.

## **REFERENCES**

- About SAP SE 2020, <https://www.sap.com/corporate/en.html> [15.08.2020]
- Agile Product Lifecycle Management | ORACLE 2020, <https://www.oracle.com/applications/agile-product-lifecycle-management/> [15.08.2020]
- Bashir HA, Thomson V 2001, An Snalogy-Based Model for Estimating Design Effort, Design Studies 22 157–167
- Benedetto H, Silva MM 2018, Proposed Framework for Estimating Effort in Design Projects, International Journal of Managing Projects in Business Vol. 11 No. 2, pp. 257-274
- Collaborative Innovation | ENOVIA 2020, <https://www.3ds.com/products-services/enovia/> [15.08.2020]
- Design Engineering | CATIA Dassault Systems 2020, <https://www.3ds.com/products-services/catia/> [15.08.2020]
- Martin MM, Ishii K 1996, Design for Variety: A Methodology for Understanding The Costs of Product Proliferation, The ASME Design Engineering Technical Conferences and Computers in Engineering Conference August 18-22, 1996, Irvine, California
- NX 2020, <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/> [15.08.2020]
- Poli C 2001, Design for Manufacturing, A structured Approach, Boston Oxford Auckland Johannesburg Melbourne New Delhi
- Potdar K, Pardawala TS, Pai CD 2017, A Comparative Study of Categorical Variable Encoding Techniques for Neural Network Classifiers, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 175 – No.4, October
- Salam A, Bhuiyan N 2016, Estimating design effort using parametric models: A case study at Pratt & Whitney Canada, Concurrent Engineering: Research and Applications, Vol. 24(2) 129–138
- Siemens Digital Industries Software 2020, <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/> [15.08.2020]

## Gıda israfını önlemek için istenilen ebat ve miktarda hassas kesme sağlayan akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi tasarımının geliştirilmesi

Zafer Kahraman<sup>1\*</sup>, Murat Hacı<sup>1</sup>, Orkun Uğur<sup>1</sup>, Hakan Serhad Soyhan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Öztiryakiler Madeni Eşya San. Ve Tic. A.Ş., Ar-Ge ve Teknoloji Merkezi, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, Sakarya, Türkiye

\* Sorumlu yazar e-mail: zkahraman@oztiryakiler.com.tr

### Özet

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), israfın gıda güvenliğini tehdit ettiğini ve gıda üretiminin üçte birinin israf edildiğini belirtmektedir. Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) tarafından yürütülen ekmeğin israfını önleme kampanyasında ekmeğin dilimlenerek tüketilmesinin önemi ve katkıları vurgulanmaktadır. Ülkemizde Ar-Ge sistematğine dayanan çalışmalarla ilk kez çeşitli fırın ve pastane ürünlerinin istenilen ebat ve miktarda hassas kesme sağlayan akıllı yenilikçi bir otomatik dilimleme makinası prototipinin özgün tasarımı ve prototip imalatı ile mevcut yerli ürünlerden farklı teknolojik özellikler kazandırılmış bir prototipin geliştirilmesi sağlanmıştır. Mühendislik hesaplamaları, tasarım doğrulama verileri ve sanayi-üniversite işbirliği ile yürütülen faaliyetlerle yenilikçi prototip Ar-Ge faaliyetleri ile kazanımı sağlanmıştır. Yerli üretilen dilimleme makinalarından farklı olarak ülkemizde ilk kez özgün tasarımlı ve endüstriyel mutfak alanında ileri teknoloji sınıfında olan akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi, ASTM F2646-16, EN 13954 vb. uluslararası standartlar doğrultusunda kullanıcı tarafından yalnızca bir tip ekmek türü için değil çeşitli fırın ve pastane ürünlerini tercihe göre hassas ebatlama ve kesme yapabilmesi test ve değerlendirme aşamasındaki bilimsel veriler ile sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Gıda israfı, hassas yiyecek kesme, otomatik dilimleme.

### Development of intelligent innovative automatic slicing machine prototype design providing precise cutting in desired size and quantity to prevent food waste

#### Abstract

The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) states that waste threatens food security and one third of food production is wasted. The importance and contributions of slicing bread is emphasized in the campaign to prevent wasting of bread run by Turkish Grain Board (TMO). With the studies based on R&D systematics in our country, it was the first time that a smart innovative automatic slicing machine prototype, which provides precise cutting in the desired size and amount of various bakery and pastry products, has been developed with the original design and prototype manufacturing, and the development of a prototype with different technological features from existing domestic products. With engineering calculations, design verification data, and industry-university cooperation, innovative prototype R&D activities were achieved. Unlike the locally produced slicing machines, for the first time in our country, a smart innovative automatic slicer prototype, ASTM F2646-16, EN 13954 etc. In accordance with international standards, the user can make precise sizing and cutting of various bakery and patisserie products not only for one type of bread, but also with scientific data at the stage of testing and evaluation.

**Keywords:** Food waste, precision food cutting, automatic slicing.

### GİRİŞ

Gıda israfının önlenmesine yönelik ihtiyaç kadar gıda ürünlerinin dilimlemesini sağlayan sistemlerin önemi artmaktadır. Ülkemizde fırın ve pastane ürünlerini dilimleme alanında yalnızca somun ekmek veya Trabzon ekmeği için dilimleme yapan makinalar bulunmakta ve ekmeği bütün olarak dilimlemesini testere tipi çok sayıda bıçakla (genellikle 30-34 adet bıçak - yağlama gerektirmekte) üretim aşamasında standart belirlenen bir ebadın (13 veya 16 mm) dışına çıkmadan yapılmaktadır. Yerli dilimleme makinalarının ekmek dışında başka bir ürünü dilimleme özelliği olmaması ve kullanıcıların ürüne özgü kesme, ebatlama ve miktar belirleme yönünde herhangi bir seçim yapma imkanı olmaması nedeni ile kullanım alanları da ithal ürünler karşısında kısıtlı kalmaktadır. Yerli dilimleme makinalarının çalışma prensiplerinden ve etkinliğinden farklı olarak ülkemizde akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi ilk kez yerli Ar-Ge çalışmaları ile elde

edilmesi sağlanmıştır. Ülkemizde yalnızca çok miktarda seri olarak ekmek üretimi yapan işletmelerde (İstanbul Halk Ekmek vb.) yüksek kapasiteli kesme, dilimleme sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler yalnızca fabrikasyon üretimi yapmaları nedeni ile farklı kategoride yer almakta ve endüstriyel mutfak alanında bulunmamaktadır. Ar-Ge faaliyetleri ile ürün yeniliği elde edilmesi başarılmıştır. Böylece mevcut yerli ekmek dilimleme makinalarımıza kıyasla daha geniş kullanım alanında ileri teknoloji özellikler kazandırılan yenilikçi bir prototipin elde edilmesi yönünde risklerin/belirsizliklerin Ar-Ge çalışmalarımız ile giderilmesi sağlanmıştır.

Literatür araştırmalarında çeşitli gıda ürünleri için kesme özellikleri konusunda elde edilen çeşitli çalışmalar aşağıda özet olarak verilmiştir. Çok farklı kesme yöntemlerine ve kesme parametrelerine göre çeşitli değerlendirmeler konusunda araştırmalar yapılmaktadır (Arnold ve ark., 2011. Atkins, 2009. Bremer ve Matthiesen, 2020). Almanya'dan Schuldt ve ekibi, gıdaların hıza bağlı kesme davranışı ile ilgili geniş bir kesme hızı aralığında viskoelastik gıda modellerini ve gerçek gıdaları kesme uygulamaları üzerine çalışmalar yürütmüşlerdir. Artan kesme kuvvetleri ve temelde dinamik mekanik analiz (DMA) sonuçlarına göre artan kesme hızı etkilerini incelemişlerdir. Schuldt ve ekibi, gıdaların hıza bağlı kesme davranışı ile ilgili aşağıdaki çalışma verilerini elde etmişlerdir. Farklı kesme hızlarında  $v=10^{-3}$ ,  $10^{-1}$  ve 10 m/s. uygulamalar yapmışlardır. Kesme kuvveti, deformasyon, kırılma ve sürtünme katkısı ile ilgili çeşitli gıdalar üzerine çalışmaları değerlendirmişlerdir (Schuldt ve ark., 2018).

Schuldt ve arkadaşları başka bir çalışmada da gıda işlemede kesme sürecinin en kritik süreçlerden biri olduğu belirterek kesme kalitesi üzerinde kesme hızı, bıçak geometrisi ve gıda malzemesi özelliklerinin önemini vurgulamışlardır (Schuldt ve ark., 2016). Ayrıca Schuldt ve arkadaşları, gıdaların kesme sürecinde sıcaklık ve mekanik gerilmeleri farklı kesme hızlarında incelemek üzere test sistemi geliştirilmişlerdir (Schuldt ve ark., 2018).

Fransız Rzigue ve ekibi, ekmek yapısı üzerinde çeşitli ölçümler ile ekmek yanlarında oluşan çökmeler üzerine incelemeler yapmışlardır. Dilimlenmiş ekmeklerin kenarlarında çökme oluşmasının fırıncılık endüstrisi için önemli bir teknolojik problem olduğunu vurgulamışlardır. Ekmek yapısının içerdiği su içeriği ve kırıntı boşluğu ile ilgili çeşitli incelemeler ile ekmeğin soğuma sürecinin etkilerine göre kesme kalitesinin (ekmeğin içe doğru çökmesi) üzerine değerlendirmeler gerçekleştirmişlerdir (Rzigue ve ark., 2016).

İngiltere'den Brown ve ekibi, gıdalardaki kesme kuvvetlerini etkileyen parametrelere yönelik kesme kuvvetlerinin kesme hızları ve gıda sıcaklıkları arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Bıçağın sürtünmesi ile oluşturulan toplam kesme kuvvetlerinin etkilerinin önemi belirtmişlerdir (Brown ve ark., 2005).

Ülkemizdeki ve firmamızdaki mevcut yerli ekmek dilimleme makinalarında kesme sürecinde çoklu testere tipi bıçaklar kullanılmakta ve bu bıçakların mekanizmaları yağlama gerektirmektedir. Mevcut sistemler yalnızca somun veya Trabzon ekmeğini bir bütün olarak standart belirlenen dilim kalınlığında kesebilmektedir (ılık ekmek testere tipi bıçaklarında yapışmaya neden olmakta). Mevcut yerli sistemden farklı olarak akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipinin farklı bir çalışma prensibi geliştirilmiştir. Çoklu testere tipi bıçaklar yerine tek bir bıçak ile tek bir dilim bile tercihe göre ebatlı olarak kesilmesi sağlanarak, sistem yalnızca somun veya Trabzon ekmeği ile sınırlı kalmayacak (ılık ekmek dahil, çeşitli meyveli ve sade kekler vb.) şekil de hassas kesme sağlaması başarılmıştır.

## **MATERYAL VE METOD**

Yenilikçi prototipe yönelik ASTM F2646-16, EN 13954 vb. uluslararası standartları ile 2006/42/EC Makina Emniyet Yönetmeliği doğrultusunda tasarımlar gerçekleştirilmiştir. Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme prototipinin tasarıma özgü sabitleme, sürme ve kesme sistemleri Ar-Ge sistematiği ile geliştirilerek çeşitli donanımların (sürücü, sensör vb.) yerleşimi sağlanmıştır. Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi çizimi (ön üst) Şekil 1'de verilmiştir.





Şekil 1. Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi çizimi (ön üst).

Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipinin istenilen ebat ve miktarda hassas kesme sağlaması için Ar-Ge ekibimiz tarafından yazılım geliştirilmiştir. Yenilikçi prototip üzerinde dokunmatik ekran ile kullanıcı tarafından istenilen ebat ve miktarda hassas kesmeye yönelik komutların girilmesi ve yenilikçi prototipin etkin çalışması sağlanmıştır. Dokunmatik ekran görüntüsü Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi kontrol ekranı görüntüsü.

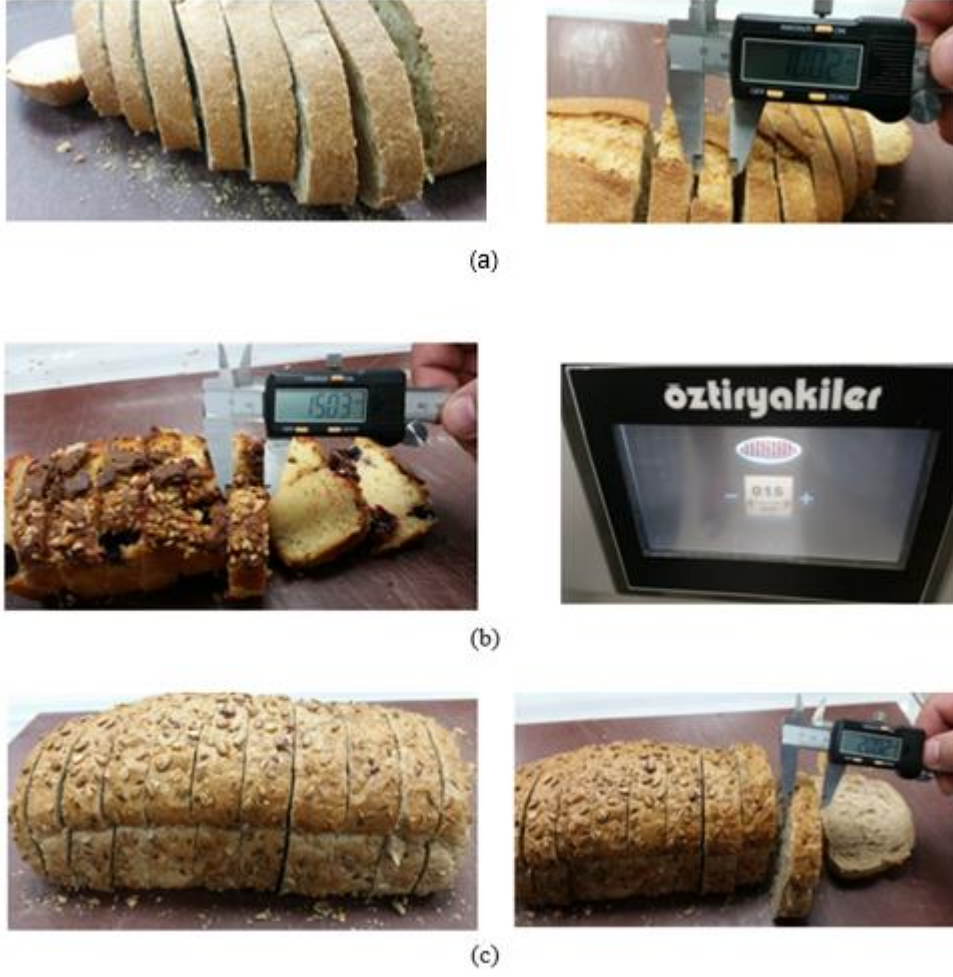
İstenilen ebat ve miktarda hassas kesme sağlayan akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipinin imalat ve montajı ardından test ve değerlendirme aşamasında elde edilen verilen bulgular ve tartışma başlığı altında verilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çeşitli fırın ve pastane ürünlerinin istenilen ebat ve miktarda hassas kesme sağlayan akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipinde dilimleme test çalışmalarından görüntüler Şekil 3 ve Şekil 4’de verilmiştir. Yenilikçi prototip üzerinde çeşitli gıda ürünlerine (ekmek çeşitleri, kek vb.) yönelik kesme performansı uygun olduğu tespit edilmiştir.

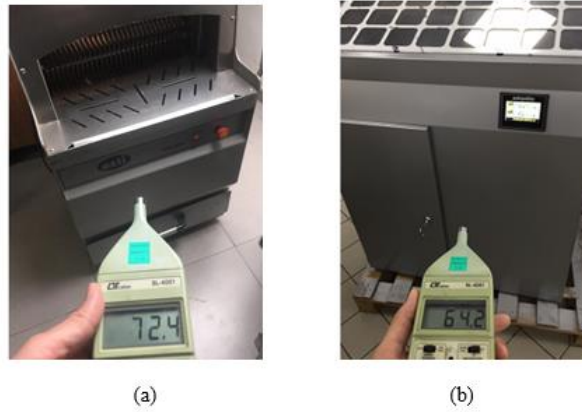


Şekil 3. Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipinde dilimleme süreci fotoğrafı.



**Şekil 4.** Yenilikçi dilimleme makinası prototipi üzerinde çeşitli gıda ürünlerinin kesme performansı (a, b ve c).

Mevcut ekme dilimleme makinası ile yenilikçi dilimleme makinası prototipinin çalışma ortamı gürültü seviyesi ölçümleri Şekil 5’de verilmiştir.



**Şekil 5.** (a) Mevcut ekme dilimleme makinası ile (b) yenilikçi dilimleme makinası prototipinin çalışma ortamı gürültü seviyesi ölçümleri.

## SONUÇ

Ülkemizde Ar-Ge sistematiğine dayanan çalışmalarla ilk kez çeşitli fırın ve pastane ürünlerinin istenilen ebat ve miktarda hassas kesme sağlayan akıllı yenilikçi bir otomatik dilimleme makinası prototipinin özgün tasarımı ve prototip imalatı ile mevcut ürünümüzden farklı teknolojik özellikler kazandırılmış ticarileşebilecek bir prototipin sanayi-üniversite işbirliği ile geliştirilmesi sağlanmıştır.

Yerli üretilen ekmek dilimleme makinalarından farklı olarak ülkemizde ilk kez özgün tasarımı ve endüstriyel mutfak alanında ileri teknoloji sınıfında olacak akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipi, kullanıcı tarafından yalnızca bir tip ekmek türü için değil çeşitli fırın ve pastane ürünlerini dokunmatik ekran üzerinden tercihe göre (tüketileceği kadar) hassas ebatlama ve kesme (tek bir dilim ve yarım kesme dahil) sağlaması test ve değerlendirmede aşamasındaki verilerle sağlanmıştır.

Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme prototipinde, mevcut yerli ekmek dilimleme makinalarına (standart kalınlık 13 veya 16 mm) kıyasla ülkemizde ilk kez kullanıcı tarafından dokunmatik ekran üzerinden istenilen kalınlıkta (3 mm'den 26 mm kalınlığa kadar) ve miktarda hassas kesme sağlayan yenilikçi prototipin Ar-Ge sistematiği ile elde edilmesi sağlanmıştır.

Akıllı yenilikçi otomatik dilimleme makinası prototipinin uluslararası standartlar doğrultusunda (ASTM F2646-16, EN 13954:2005+A1:2010 vb.) özgün tasarımı ve etkin çalışması elde edilerek teknolojik olarak ticarileşebilecek yenilikçi ürüne ulaşılması başarılmıştır.

Mevcut ekmek dilimleme makinamızın çalışma ortamı gürültü seviyesine (72,4 dB) kıyasla akıllı yenilikçi otomatik dilimleme prototipin çalışma ortamı gürültü seviyesinin en az %10 oranında (64,2 dB) Ar-Ge çalışmaları ile azaltılması sağlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Arnold, G., Zahn, S., Legler, A., Rohm, H., 2011. *Ultrasonic cutting of foods with inclined moving blades*, Journal of Food Engineering, 103(4):394-400.
- Atkins, T., 2009. *Food and Food-Cutting Devices and Wire Cutting*, The Science and Engineering of Cutting, 12:283-306.
- Bremer, F., Matthiesen, S., 2020. A review of research relating to food slicing in industrial applications, Journal of Food Engineering, 268:1-6.
- Brown, T., James, S.J., Purnell, G.L., 2005. *Cutting forces in foods: experimental measurements*, Journal of Food Engineering, 70(2), 165-170.
- Rzigue, A., Monteau, J-Y., Marmi, K., Bail, A.L., Chevallier, S., Réguerre, A-L., Vanessa Jury, V., 2016. *Bread collapse. Causes of the technological defect and impact of depanning time on bread quality*, Journal of Food Engineering, 182:72-80.
- Schuldt, S., Boden, L., Schneider, Y., Rohm, H., 2016. *Pre-crack cutting properties of viscoelastic food models*, Journal of Food Engineering, 169:272-277.
- Schuldt, S., Schneider, Y., Rohm, H., 2018. *High-speed cutting of foods: Cutting behavior and initial cutting forces*, Journal of Food Engineering, 230: 55-62.
- Schuldt, S., Witt, T., Schmidt, C., Schneider, Y., Nündel, T., Majschak, J-P., Rohm, H., 2018. *High-speed cutting of foods: Development of a special testing device*, Journal of Food Engineering, 216:36-41.

## Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipi tasarımının geliştirilmesi

Murat Hacı<sup>1\*</sup>, Zafer Kahraman<sup>1</sup>, Barış Taşkiran<sup>1</sup>, Hakan Serhad Soyhan<sup>2</sup>

\*<sup>1</sup>Öztiryakiler Madeni Eşya San. Ve Tic. A.Ş., Ar-Ge ve Teknoloji Merkezi, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği, Sakarya, Türkiye

\* Sorumlu yazar e-mail: zkahraman@oztiryakiler.com.tr

### Özet

Enerji tasarrufu, ulusal strateji hedeflerimizin ve enerji politikalarımızın en önemli bileşenlerinden biridir. Ülkemizin enerjide dışa bağımlılığının azaltılması bakımından enerji tasarrufunun önemi artmaktadır. Endüstriyel mutfak alanında ülkemizde ilk kez Ar-Ge sistematiğine dayalı çalışmalarla hibrit soğutma teknolojisini (termoelektrik ve kompresörlü sistem) tek bir prototip üzerinde, üç farklı sıcaklık bölmeli (gıda soğutucu-kompresör, içecek soğutucu-termoelektrik ve gıda derin dondurucu-kompresör) uygulayan ve enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi (inovatif) hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin özgün tasarımı ve prototip imalatı ile mevcut yerli endüstriyel buzdolabı ürünlerimizden farklı teknolojik özellikler kazandırılmış ticarileşebilecek bir prototipin sanayi-üniversite işbirliği ile geliştirilmesi sağlanmıştır. Mühendislik hesaplamaları, simülasyon tasarım doğrulaması ve hibrit soğutma teknolojisi alanında yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin özgün tasarımı EN 60335-1, EN 22041 vb. uluslararası standartları ile test ve değerlendirme aşamasında buzdolabı test paketleri kullanarak geliştirilmiştir. Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipi ülkemizde ilk kez yerli imkanlar ile Ar-Ge kazanımları sağlanarak elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji tasarrufu, hibrit endüstriyel buzdolabı, termoelektrik sistemler

### Development of Innovative Hybrid Industrial Refrigerator Prototype Design Contributing to Energy Saving

#### Abstract

Energy saving is one of the most important components of our national strategy targets and energy policies. The importance of energy saving is increasing in terms of reducing our country's foreign dependency in energy. For the first time in the field of industrial kitchen in our country, applying hybrid cooling technology (thermoelectric and compressor system) on a single prototype with three different temperature compartments (food cooler-compressor, beverage cooler-thermoelectric and food deep freezer-compressor) and energy With the original design and prototype manufacturing of the innovative hybrid industrial refrigerator prototype, which contributes to the savings, a commercialized prototype, which has different technological features than our current domestic industrial refrigerator products, has been developed in cooperation with the industry and the university. The original design of the innovative hybrid industrial refrigerator prototype in the field of engineering calculations, simulation design verification and hybrid refrigeration technology is EN 60335-1, EN 22041 etc. It has been developed by using refrigerator test packages in the testing and evaluation phase with international standards. The innovative hybrid industrial refrigerator prototype that contributes to energy saving has been obtained for the first time in our country by providing R&D gains with domestic resources.

**Keywords:** Energy saving, hybrid industrial refrigerator, thermoelectric systems

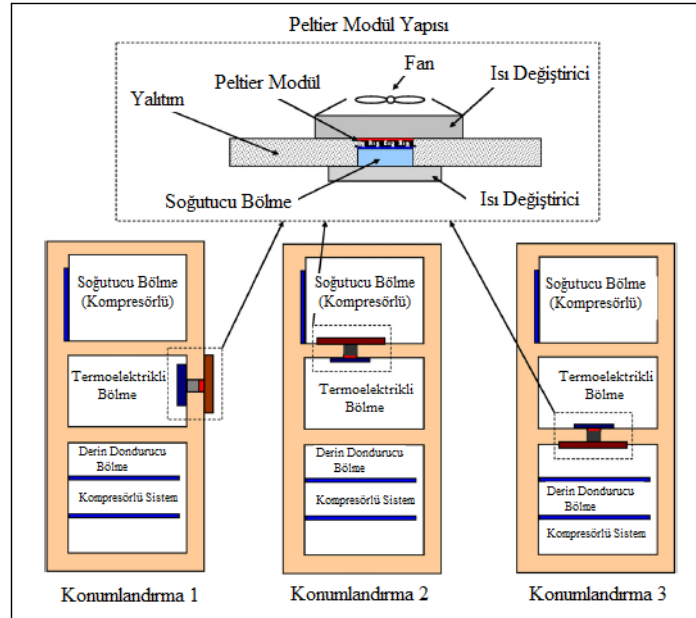
### GİRİŞ

Termoelektrik alanında son yıllarda gelişen teknolojilerle beraber termoelektrik malzemelerin soğutma alanlarında uygulamaları genişlemektedir (Cai ve ark., 2019), (Shinohara, 2017), (Stockholm, 2018), (Zhao ve Tan, 2014). Ülkemizde endüstriyel mutfak sektöründe hibrit soğutma teknolojisi (termoelektrik ve kompresör sistemli) bulunan ve çeşitli yiyecek/içecekler için üç farklı sıcaklık aralığında bölmeleri olan endüstriyel buzdolaplarının yerli imalatı bulunmamaktadır. Firmamız endüstriyel mutfak alanında ülkemizde lider konumdadır, çeşitli model (yatay, dikey, tek ve çok kapılı vb.) ve kapasitelerde (600 lt, 1200 lt. vb.) endüstriyel buzdolaplarının imalatını uluslararası belgelerle yalnızca kompresörlü sistemlerle (R290, R134a vb. soğutucu gaz kullanan, kondenser, evaporatör, fan vb. donanımlarla) gerçekleştirmektedir. Endüstriyel mutfak alanında

ülkemizde ilk kez enerji tasarrufu sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin özgün tasarımı ve farklı özellikler kazandırılarak (termoelektrik ve kompresör sistemleri ile üç farklı sıcaklık bölmesi tek bir prototipte bulunarak) sanayi-üniversite işbirliğinde yürütülen Ar-Ge faaliyetleriyle elde edilmesi sağlanmıştır. Mevcut endüstriyel buzdolaplarında gıda soğutucu, içecek soğutucu (cam şişe, metal kutu vb.) ve gıda dondurucu bölmeleri tek bir üründe bulunmamaktadır. Tüm bu özellikleri (üç farklı sıcaklıkta yiyecek/içeceklerin muhafazası için) endüstriyel buzdolabında isteyen bir müşteri farklı ürünler almak zorunda kalmaktadır. Bu nedenle elde edilen yenilikçi prototip üzerindeki üç farklı bölmede üç farklı sıcaklık aralığının hibrit soğutma sistemi ile enerji tasarrufuna katkı sağlaması endüstriyel buzdolabı alanında önemli bir yenilik kazandırılmıştır.

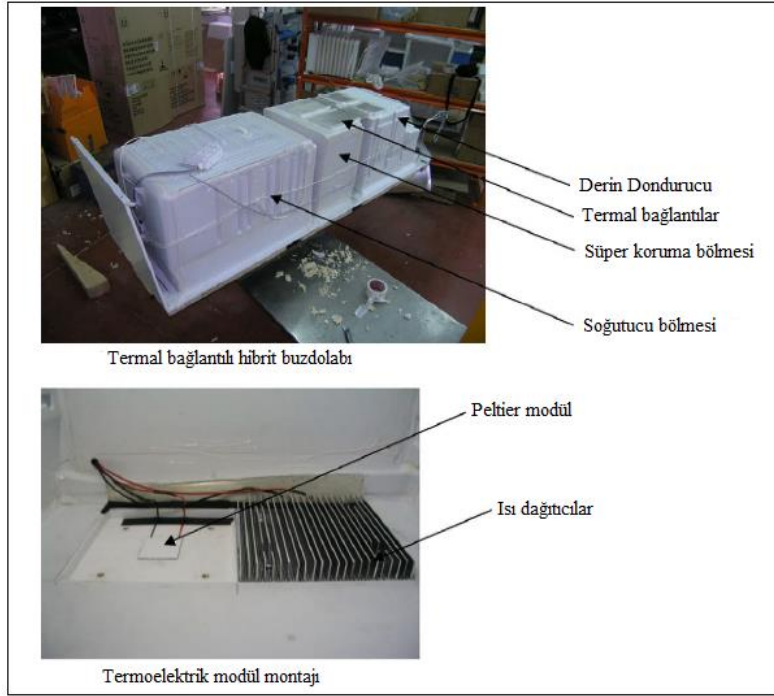
Ülkemizdeki yerli endüstriyel buzdolaplarında soğutucu veya derin dondurucu özellikleri ayrı ayrı ürünlerde bulunmakta ve kompresörlü sistem (çeşitli soğutucu gazlı ve kondenser, evaporatör vb. donanımlı) ile çalışmaktadır. Soğutucu ve derin dondurucu özelliklerinin tek bir prototip üzerinde bulunması yanısıra çalışma sistemi olarak da ayrı bölmelerin soğutulması için termoelektrik ve kompresör sistemlerinin kullanılmasına yönelik Ar-Ge faaliyetleri yürütülmüştür. Ülkemizde hibrit endüstriyel buzdolabı olmaması nedeni ile Ar-Ge çalışmaları ile ülkemize yenilikçi bir ürün kazandırılması sağlanmıştır. Uluslararası rakipler karşısında rekabet edebilirliğimizin artırılması ve öncelikle ülkemizde rakipler karşısına "TÜRK MALI" ile çıkılması için Ar-Ge çalışmaları yürütülmüştür.

Literatür araştırmalarında hibrit buzdolabı alanında yalnızca ev tipi buzdolabı konusunda elde edilen çeşitli çalışmalar aşağıda özet olarak verilmiştir. İspanyol Astrain ve ekibi, 2012 yılında ev tipi (domestic) buzdolaplarında hibrit olarak termoelektrik ve kompresör sistemlerinin kullanılması üzerine değerlendirmeler yapmışlardır. Bilgisayar destekli simülasyon çalışmaları ile farklı tasarımlardaki prototipler arasında enerji tüketim değerlerini incelemişlerdir. Ev tipi buzdolabı Avrupa regülasyonlarına göre enerji verimliliği değerinin hibrit buzdolabı ile A sınıfı ile uyumlu olduğunu bildirmişlerdir. Ev tipi buzdolabı prototipi üzerinde farklı tasarımlara göre konumlandıkları termoelektrik sistemi ile ilgili çizim Şekil 1'de verilmiştir. (Astrain ve ark., 2012).



**Şekil 1.** Ev tipi hibrit buzdolabında termoelektrik modülün farklı konumlandırılmaları (Astrain ve ark., 2012).

İspanyol Vian ve Astrain, ev tipi (domestic) buzdolaplarında termoelektrik ve kompresör sistemlerinin hibrit olarak farklı konumlandırılması durumuna göre enerji tüketim değerlerinin tasarıma göre %20 azaldığını bildirmişlerdir. İlgili çalışmaya Bosch-Siemens tarafından patent alındığını belirtmişlerdir (Vian ve Astrain, 2009). Ev tipi hibrit buzdolabında termoelektrik modülün konumlandırma fotoğrafları Şekil 2'de verilmiştir.



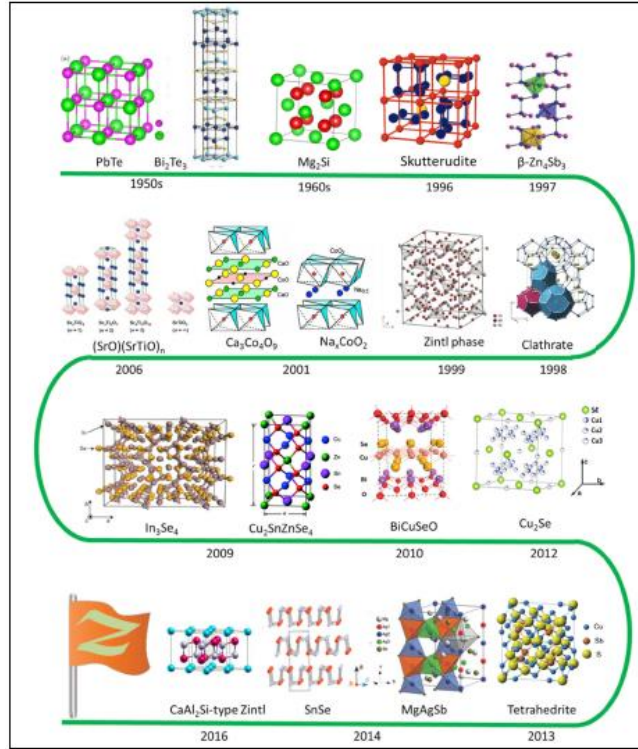
**Şekil 2.** Ev tipi hibrit buzdolabında termoelektrik modülün konumlandırma fotoğrafları (Vian ve Astrain, 2009).

E. Söylemez ve ekibi, ev tipi (household) buzdolabı üzerinde hibrit olarak termoelektrik ve kompresörlü sistemi üzerinde enerji tüketimi, soğutma, dondurucu ve gürültü ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. Testler ev tipi buzdolabı standartlarına (EN 62552, IC 15068, IEC 60704-2-14 vb.) göre yapılarak enerji tüketimi ve gürültü konusunda çeşitli veriler elde etmişlerdir. Ev tipi buzdolabı kapısı üzerinde orta ve üst kısımlarda termoelektrik modülünün yerleşiminin görüntüleri Şekil 3’de verilmiştir.



**Şekil 3.** Ev tipi hibrit buzdolabında termoelektrik modülün farklı konumlandırma fotoğrafları (Söylemez ve ark., 2012).

W. Liu ve ekibi, termoelektrik malzemeler ile ilgili gelişmeleri ve stratejiler konusunda incelemelerde bulunmuşlardır. Termoelektrik malzemeler ile ilgili son yıllardaki gelişmeler Şekil 4’de gösterilmiştir (Liu ve ark., 2017).



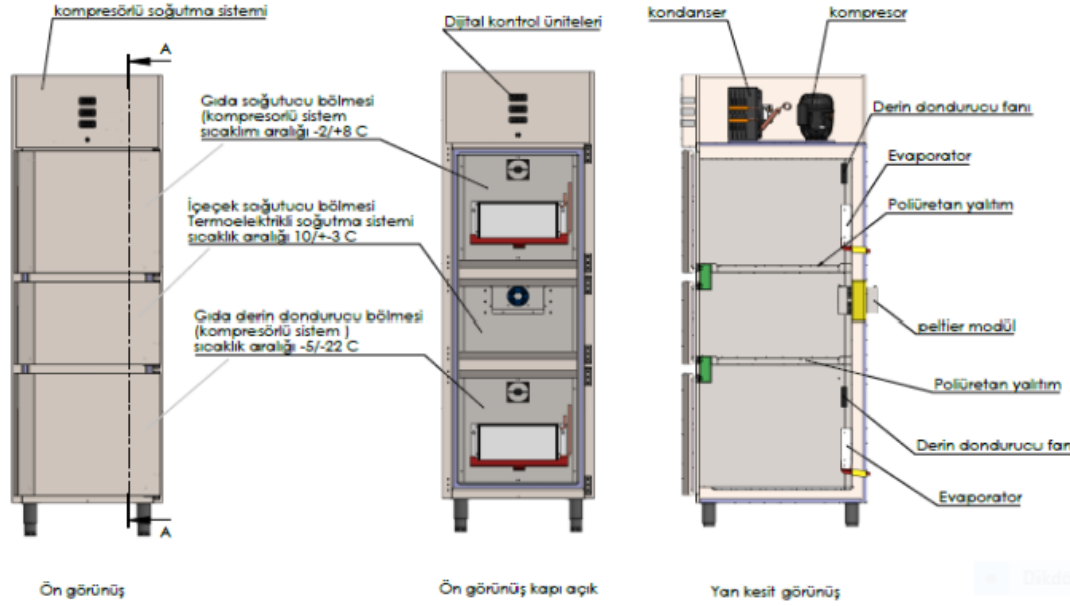
Şekil 4. Termoelektrik malzemeler ile ilgili son yıllardaki gelişmeler (Liu ve ark., 2017).

Ar-Ge sistematığı ile ülkemizde ilk kez endüstriyel buzdolaplarımızdan farklı olarak termoelektrik ve kompresörlü sistemler ile yiyecek/içecekler için çeşitli muhafaza koşullarına uygun üç farklı sıcaklık aralığında bölmeleri olan ve enerji tasarrufuna katkı sağlayan özgün tasarımlı hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin elde edilmesi en önemli yenilikçi yönü oluşturmuştur. Mühendislik hesaplamaları, simülasyon ve test verileri ile sanayi-üniversite işbirliğinde faaliyetler yürütülmüştür.

Hibrit soğutma sistemi bulunan ürünler ile ilgili ev tipi buzdolaplarında son yıllarda gelişmelerin olduğu görülmektedir. Fakat endüstriyel buzdolabı sektöründe geçerli olan uluslararası standartların ev tipi buzdolaplarına kıyasla tamamen farklı ve daha zorlu koşullar içermesi nedeni ile birbirinden ayrılmaktadır.

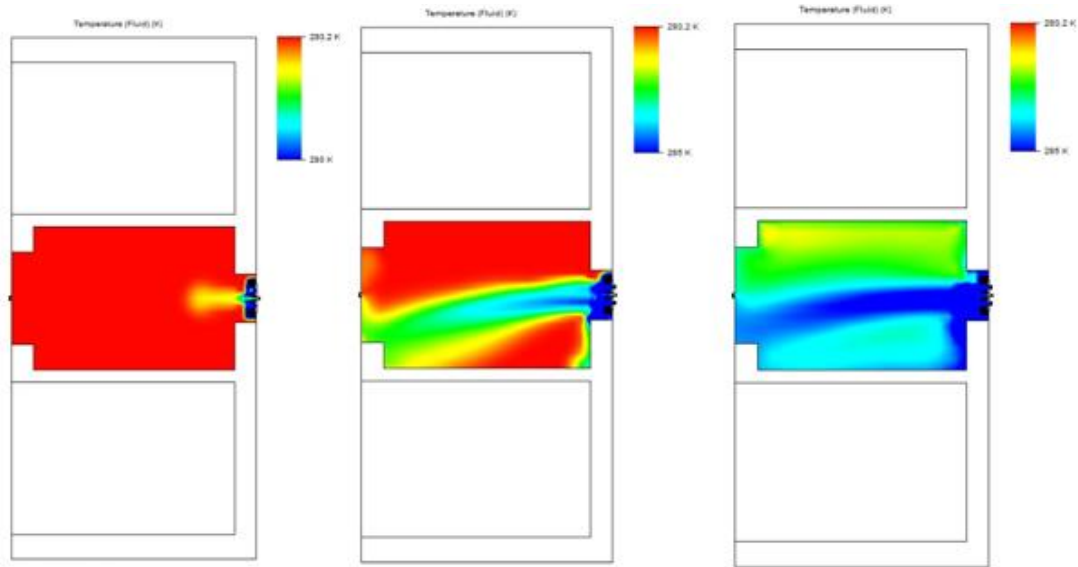
## MATERYAL VE METOD

Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipi için EN 22041, EN 60335-1, ISO 23953-2, NSF/ANSI 7-2016 vb. standartlar ile özgün tasarımlar geliştirilmiştir. Endüstriyel mutfak alanında ilk kez üç farklı bölmede üç farklı sıcaklıkları sağlayacak şekilde çizimler yapılarak tasarım doğrulama aşaması ardından prototip imalat ve montaj faaliyetleri yürütülmüştür. Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototip çizimi Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototip çizimi.

Tasarım doğrulanmasında farklı tasarımlara göre modelleme teknikleri ile yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipine termoelektrik ve kompresörlü sistemlerin çeşitli tasarımlar ile (termoelektrik sisteminin bölmelere göre farklı konumlandırılması, tasarıma özgü sistemde poliüretanın uygulanabilmesi, çalışma sıcaklıklarına göre termoelektrik ve kompresörlü sistem donanımlarının seçimi vb.) kazandırılması yönünde yenilikçi prototip modelinin oluşturulması, mühendislik hesaplamaları, yenilikçi prototipin farklı bölmelerindeki simülasyon verileri ile bilimsel olarak değerlendirilmesi sanayi-üniversite işbirliği kapsamında yapılmıştır. Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipi üzerinde orta bölmesindeki termoelektrik modül içeren sistem üzerindeki simülasyon çalışmaları Şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipi üzerinde simülasyon çalışmaları (termoelektrik modül kısmı).

Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototip imalat ve montaj aşaması ardından termoelektrik modülün yerleşimini gösteren fotoğraf Şekil 7'de verilmiştir. Buzdolabı ve derin dondurucu bölmeleri için kullanılan kompresör sistemi prototipin en üst kısmında bulunurken, termoelektrikli modül ise orta bölmede prototipin arka kısmında yer almaktadır.



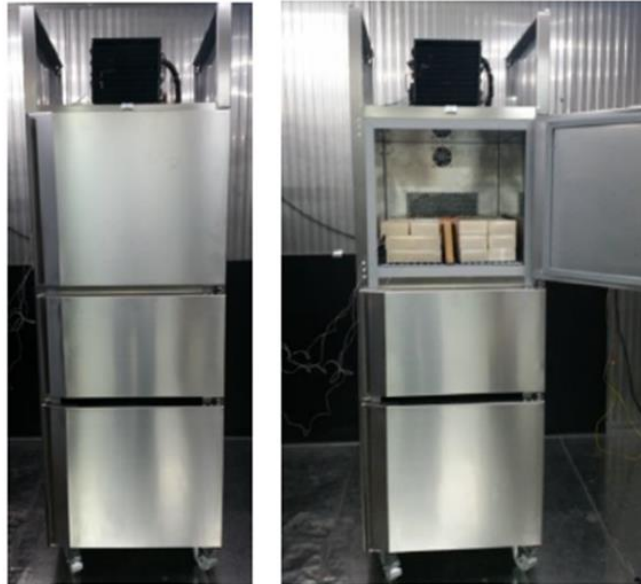


**Şekil 7.** Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin arka görünüşü (termoelektrik modülü).

Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin imalat ve montajı ardından test ve değerlendirme aşamasında elde edilen verilen bulgular ve tartışma başlığı altında verilmiştir.

### **BULGULAR VE TARTIŞMA**

Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinde soğutma performansına yönelik test çalışmalarından görüntüler Şekil 8 ve Şekil 9’da verilmiştir. Yenilikçi prototip üzerinde 3 farklı bölme üzerinde performansı uygun olduğu tespit edilmiştir. Yenilikçi prototip üzerinde en alt bölmeden en üst bölmeye doğru sırasıyla derin dondurucu, termoelektrikli modül ve buzdolabı bulunmaktadır. Bu 3 ayrı bölmenin en üstünde ise kompresör soğutma grubu yer almıştır. Yenilikçi prototipin testi, test odasında ISO 22041:2019 uluslararası standardı doğrultusunda test paketleri (50x100x100mm ve 50x100x200 mm, sırasıyla 500 ve 1000gr.) kullanılarak soğutma performansı değerlendirilmiştir.



**Şekil 8.** Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin test ve değerlendirme aşaması görünüşü.



**Şekil 9.** Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin test ve değerlendirme aşamasında test paketleri ile soğutma haznesinin doldurulması görünüşü.

## SONUÇ

Endüstriyel mutfak alanında ülkemizde ilk kez Ar-Ge sistematiğine dayalı çalışmalarla hibrit soğutma teknolojisini (termoelektrik ve kompresörlü sistem) tek bir prototip üzerinde, üç farklı sıcaklık bölmesine (soğutucu-kompresör, içecek-termoelektrik ve derin dondurucu-kompresör) uygulayan ve enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin özgün tasarım ve prototip imalatı ile mevcut ürünümüzden farklı teknolojik özellikler kazandırılmış ticarileşebilecek bir prototipin sanayi-üniversite işbirliği ile geliştirilmesi sağlanmıştır. Test ve değerlendirmede aşamasında elde edilen veriler aşağıda verilmiştir.

Endüstriyel buzdolabı alanında üç farklı sıcaklık aralıkları için üç farklı buzdolabı/derin dondurucu satışları yapılmaktadır. Geliştirilen yenilikçi prototipte üç farklı sıcaklık aralığı ayrı bölümlerle ve hibrit soğutma teknolojisi ile önemli bir yenilik kazandırılmıştır. Yenilikçi prototip üzerinde termoelektrikli bölmenin diğer bölmelere göre daha küçük olması ile hassas sıcaklığı aralığında daha etkin çalışması sağlanmıştır.

Ülkemizde ilk kez endüstriyel mutfak sektöründe Ar-Ge sistematiğine dayanan çalışmalarla hibrit soğutma teknolojisi (termoelektrik ve kompresörlü sistemler) ile mevcut endüstriyel buzdolabımıza (600 NMV model / mevcut 2,875 kWh/gün) kıyasla en az %15 enerji tüketiminin azaltılması sağlanmıştır.

Endüstriyel buzdolabı alanında ülkemizde ilk kez hibrit soğutma teknolojisinin termoelektrik (peltier, fan vb.) ve kompresörlü sistem (soğutucu gazlı, kondenser, evaporatör, fan vb. donanımlar) ile yenilikçi prototip üzerinde uygulaması sağlanmıştır. Ayrıca yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin tüm bölmeleri toplamı net 450 litre olması sağlanarak mevcut net kapasitede yalnızca kompresörlü sistemle çalışan endüstriyel buzdolabımızla kıyaslama yapılmıştır.

Endüstriyel buzdolabı alanında hibrit soğutma teknolojisi (termoelektrik ve kompresör sistemli) uygulaması ile tek bir prototip üzerinde, üç farklı sıcaklık bölmesi (gıda soğutucu-kompresör, içecek soğutucu-termoelektrik ve gıda derin dondurucu-kompresör) olacak (sırasıyla  $-2/+8^{\circ}\text{C}$ ,  $10\pm 3^{\circ}\text{C}$ , ve  $-5/-20^{\circ}\text{C}$ 'lerde) ve enerji tasarrufuna katkı sağlayacak özgün tasarımlı hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin uluslararası standartlar ile elde edilmesi başarılmıştır.

Enerji tasarrufuna katkı sağlayan yenilikçi hibrit endüstriyel buzdolabı prototipinin uluslararası standartlar doğrultusunda (EN 22041, EN 60335-1, ISO 23953-2, NSF/ANSI 7-2016 vb.) özgün tasarımlı ve etkin çalışması elde edilerek teknolojik olarak ticarileşebilecek yenilikçi ürüne ulaşılması Ar-Ge faaliyetleri ile sağlanmıştır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK-TEYDEB 1501 kodlu Sanayi Araştırma Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Projeleri Destekleme Programı kapsamında “Enerji Tasarrufuna Katkı Sağlayan Yenilikçi Hibrit Endüstriyel Buzdolabı Tasarımı ve Prototip İmalatı” başlıklı ve 3181421 numaralı proje çalışmasından hazırlanmıştır. TÜBİTAK-TEYDEB Makina-İmalat Teknolojileri Grubu’na (MAKİTEG) proje çalışmalarına katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Astrain, D., Martínez, A., Rodríguez, A., 2012. *Improvement of a thermoelectric and vapour compression hybrid refrigerator*, Applied Thermal Engineering, 39, 140-150.
- Cai, Y., Wang, Y., Liu, D., Zhao, F., 2019. Thermoelectric cooling technology applied in the field of electronic devices: Updated review on the parametric investigations and model developments, Applied Thermal Engineering, 148, 238–255.
- Liu, W., Hu, J., Zhang, S., Deng, M., Han, C., Liu, Y., 2017. *New trends, strategies and opportunities in thermoelectric materials: A perspective*, Materials Today Physics 1, 50-60.
- Shinohara, Y., 2017. *Recent progress of thermoelectric devices or modules in Japan*, Materials Today: Proceedings 4, 12333–12342.
- Söylemez, E., Alpman, E., Onat, A., 2018. *Experimental analysis of hybrid household refrigerators including thermoelectric and vapour compression cooling systems*, International Journal of Refrigeration 95, 93–107.
- Stockholm, J.G., 2018. Applications in thermoelectricity, Materials Today: Proceedings 5, 10257–10276.
- Vián, J.G., D. Astrain, D., 2009. *Development of a hybrid refrigerator combining thermoelectric and vapour compression technologies*, Applied Thermal Engineering 29, 3319–3327.
- Zhao, D., Tan, G., 2014. *A review of thermoelectric cooling: Materials, modeling and applications*, Applied Thermal Engineering 66, 15-24.

## Patent veritabanı analizi ile küresel navigasyon uydu sisteminde akıllı ve rasgele bozulmalar

Beste Sezen Yıldız

Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara,  
Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: beste.sezenyildiz@tai.com.tr

### Özet

Bu çalışmanın amacı, küresel navigasyon uydu sistemlerindeki akıllı ve rasgele bozulmalar için patent veritabanı analizi yaparak farklı mühendislik çözümlerini irdelemek ve teknolojinin yönelimini inceleyerek sürdürülebilir çözümler hakkında öngörülebilir bulunmaktır. Günümüzde gezegen ile uzay arasındaki iletişim için geniş frekans aralığında olabilen radyo dalgaları kullanılmaktadır. Radyo dalgalarının kullanıldığı küresel navigasyon uydu sistemi üç birimden oluşmaktadır. Bunlar, sinyaller ile yeryüzüne kesintisiz koordinat ve zaman bilgilerini gönderen uydular, uyduların gönderdiği sinyallere göre yörüngelerini ve saat düzeltme bilgilerini kesintisiz olarak kontrol eden ve ilgili uydulara mesaj olarak düzeltme bilgilerini gönderen yer istasyonları ve sinyalleri kullanarak yeryüzü üzerindeki konum, hız vb. bilgilerini hesaplayan sinyal alıcılarıdır. Genel adı GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) olup, Global Konumlandırma Sistemi (GPS), GLONASS, Galileo ve Bokuto olarak adlandırılan uygulamaları bulunmaktadır. Küresel navigasyon uydu sistemleri konum ve zaman bilgisi gibi servisleri sağlamaktadır. Bu servisler askeri alanlarda, bilimsel araştırmalarda, petrol gaz sahası araştırmalarında, finansal ağlarda, güç istasyonlarında kullanıldığından yüksek doğruluğa sahip olması gerekir. Bu alanlarda kullanılan cihazların GNSS zamanlaması kullanılarak senkronizasyonları gerçekleştirilmektedir. Sivil ve askeri alanlarda kullanılan GNSS sinyalleri oldukça zayıf olarak, kablosuz kanallar üzerinden yayınlanmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle bant içi girişimlerine karşı savunmasızlardır. Küresel uydu navigasyon sistemlerinin özellikle askeri alanda kullanımının artması ile elektronik harp kavramı gelişerek, sinyallerde akıllı ve rasgele bozulma konusu taktiksel üstünlük sağlamak için önem kazanmıştır. GNSS sistemleri herhangi bir uyarı olmadan akıllı ve rasgele bozulma veya bloklamaya maruz kalarak performansta ve sistemin fonksiyonunda ciddi bir tehlikeye neden olmaktadır. Sinyalleri karıştırmak, sinyal karışmasını tespit etmek ve önlemek, sinyallerde gürültüyü azaltmak ve sinyal karıştırmaya neden olan cihazın yerinin tespit edilmesi için geliştirilen mühendislik çözümleri incelenerek, teknolojik gelişmelere göre AR-GE faaliyetleri için sürdürülebilirlik tahminlerinde bulunmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** havacılık, patent, GNSS

### Patent database analysis for spoofing and jamming in global navigation satellite system

#### Abstract

The aim of this study, to examine different engineering solutions to technical problems by analyzing the patent database of spoofing and jamming in global navigation satellite systems and to make predictions about the sustainable solutions. At the present time, radio waves in a wide frequency range are used for communication between the planet and space. The global navigation satellite system using radio waves consists of three parts. These parts, satellites that send continuous coordinate and time information to the earth with signals, ground stations that continuously control their orbits and clock correction information according to the signals sent by the satellites and send the correction information as a message to the relevant satellites and signal receivers whose location, speed, etc. on the earth are calculated using signals. General name is GNSS (Global Navigation Satellite System) is implemented and operated under the names of Global Positioning System (GPS), GLONASS, Galileo and Bokuto. Global navigation satellite systems provide services such as location and time, and these services must have high accuracy as they are used in military fields, scientific research, oil and gas field research, financial networks, power stations. The synchronization of the devices used in these areas is carried out using GNSS timing. GNSS signals used in civil and military areas are broadcast over wireless channels very weakly. Due to these characteristics, they are vulnerable to in-band interference. With the increasing use of global satellite navigation systems, especially in the military field, signal fraud becomes important. GNSS systems can be easily exposed to spoofing, jamming or blocking without any warning, causing a serious danger in performance and function. By examining the engineering solutions developed for this problem, sustainability estimates are made for R&D activities according to technological developments.

**Keywords:** aerospace, patent, analysis, GNSS

## GİRİŞ

Günümüzde insanlık gezegen ile uzay arasındaki iletişim için geniş frekans aralığındaki radyo dalgalarını kullanmaktadır. Yaygın olarak kullanılan navigasyon sistemleri çoklu uydu içermektedir. Uydular tarafından yeryüzüne kesintisiz gönderilen sinyaller, koordinat ve zaman bilgilerini içermektedir. Kullanıcı tarafından alınan sinyallerinden elde edilen veriler kullanılarak kullanıcı dünya üzerindeki konum bilgisine ulaşmaktadır. Uyduların çalışmalarını sürekli olarak kontrol etmek amacıyla yer istasyonları bulunmaktadır. Yer istasyonları ile uyduların yörüngeleri ve saat düzeltme verileri hesaplanarak ilgili uyduya geri bildirim mesajları iletilmektedir. Uydu navigasyon sistemi genellikle GNSS (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi) olarak adlandırılmaktadır. Global Konumlandırma Sistemi (GPS), GLONASS, Galileo ve Bokuo adında uygulamaları dâbulunmaktadır. Dünyanın 20.000 km'nin üzerindeki uydudan iletilen GNSS sinyali, yaklaşık -128,5 dBm'lik bir sinyaldir ve sinyal alıcıya ulaştığında oda sıcaklığındaki termal gürültüden daha düşük seviyededir. Navigasyon sistemleri konum, zaman bilgisi gibi servisleri sağlamaktadır. Bu servisler askeri alanlarda, bilimsel araştırmalarda, petrol gaz sahası araştırmalarında, finansal ağlarda, güç istasyonlarında kullanıldığından yüksek doğruluğa sahip olmaları gerekir. Bu servislerde kullanılan cihazların GPS zamanlaması kullanılarak senkronizasyonları gerçekleştirilmektedir. Sivil ve asgari alanlarda kullanılan navigasyon sistemleri en az üç uydudan iletilen sinyalin alınması ile doğru zaman ve konum bilgisinin elde edilmesini sağlamaktadır. Ancak GNSS sinyalleri oldukça zayıf olarak kablosuz kanallar üzerinden yayımlanmaktadır ve bu özellikleri nedeniyle bant içi girişimlerine karşı savunmasızlardır.

Navigasyon sistemlerinin özellikle askeri alanda kullanımının artması ile sinyal bozulmaları önem kazanmıştır. GNSS sistemleri herhangi bir uyarı olmadan kolayca akıllı ve rasgele bozulma veya bloklamaya maruz kalarak performansta ve sistemin fonksiyonunda ciddi bir tehlikeye neden olmaktadır. Akıllı sinyal bozma (spoofing), uydudan alınan navigasyon sinyallerine kasıtlı olarak müdahale edilmesi ve uydu navigasyon alıcısının konum ve zaman bilgisini hesaplamak için uydu navigasyon sinyali ile aynı tip sinyali kullanan bir tekniktir (Huang ve ark, 2017). Aldatma sinyali üretilerek, aldatılan alıcının konumu ve hızı dikkate alınarak sinyalin kod gecikmesi ve taşıyıcı varyasyonu kullanılmakta veya uydu yörünge verileri ve navigasyon mesajındaki görsel bilgiler değiştirilerek alıcının navigasyon çözümü bozulmaktadır. Akıllı sinyal bozma saldırıları rasgele sinyal bozma saldırılarına göre daha tehlikelidir. Çünkü hedef alıcı tehdidini fark edememektedir. Ayrıca yazılım tanımlı radyo teknolojisindeki hızlı gelişmelerden dolayı gelişmiş akıllı bozucular daha uygulanabilir, esnek ve az maliyetli hale gelmiştir. Uydu navigasyon sistemlerini kullanan hedefler için teknikler, basit karıştırma (jamming), yeniden yayın karıştırma ve aldatma karıştırması olarak sınıflandırılmaktadır. Basit karıştırma, sürekli dalga karıştırması, geniş bant ve kısmi bant normal gürültü karıştırması ve darbe karıştırması gibi basit formlardaki sinyallerin üretilmesi ile karıştırıcı hedefler üretmektedir. Yeniden yayın karıştırma, uydu navigasyon sinyallerini alarak ve depolayarak zaman gecikmeli olarak yeniden yayımlamakta ve hedefte karışıklığa neden olmaktadır. Aldatma karıştırması, uydu sinyallerini yanlış verileri içerecek şekilde taklit ederek hedefin yanlış konum hesaplamasına neden olur. Bu aldatma teknikleri elektronik harp ortamında doğruluğu yüksek olması gereken pozisyon, hız, irtifa ve görsel verilerin kullanıldığı silah sistemleri, insansız hava aracı gibi platformlar için önemlidir (Bardout, 2011). Bu nedenle uydu navigasyon alıcılarının bozulmalara karşı performansının artırılması önem kazanmaktadır.

Hedef alıcının yanlış bir sinyali tespit etme olasılığının düşük olması için mümkün olduğunca gerçek bir uydu navigasyon sinyaline benzeyen bir sinyal üretilmesi gerekmektedir. Özellikle uydular, sinyalleri atomik saat tabanlı düzenli aralıklarla iletmektedirler. Bu yüzden uydularla iletilen sinyallerle bozucu sinyalleri senkronize etmek önemli olmaktadır. Geleneksel bir navigasyon cihazı, GPS sinyali oluşturmak için simülatör veya tekrarlayıcı kullanarak aldatma sinyali üretmektedir. Senkronizasyon konusunda teknolojik alt yapı olmadığında ise aldatma sinyalinin başarı oranı azalmaktadır. Rasgele karıştırmayı önlemek için kullanılan önleyici anten teknolojisi, pro-son filtreleme teknolojisi ve dijital karıştırma önleme sinyal işleme teknolojisi gibi teknikler, uydu navigasyon sisteminin parazitlenmesini azaltmak için karıştırma önleyici çözümlerine uygulanmaktadır (Hu ve ark, 2018).

Stratejik patent veritabanı analizi ile küresel navigasyon uydu sistemlerindeki akıllı veya rasgele bozulmalar için başvuru patentler incelenmiştir. Patentler şirketlerin teknoloji yol haritasının ve yatırım faaliyetlerinin belirlenmesi konusunda karar vericilere veri sağlayan açık kaynak ile erişim sağlanabilen önemli dokümanlardır.

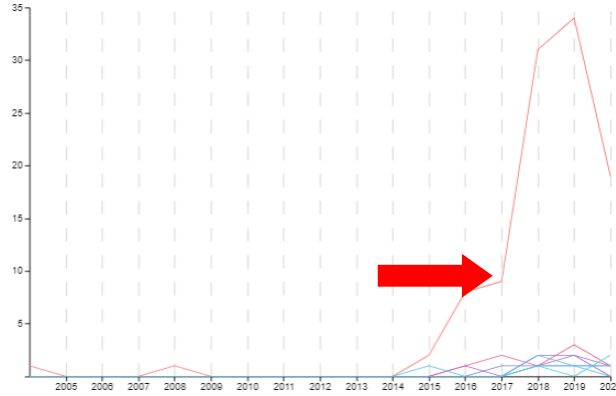
## MATERYAL VE METOD

Küresel navigasyon uydu sisteminde akıllı ve rasgele bozulmaları içeren patentler, konu ile ilgili patent sınıfları kullanılarak tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan Kooperatif Patent Sınıflandırması (CPC), Avrupa Patent Ofisi ve ABD Patent ve Ticari Marka Ofisi tarafından ortaklaşa geliştirilmiş bir patent sınıflandırma sistemidir.

Classification symbol	Title and description	
<input type="checkbox"/> G	PHYSICS	S ⓘ
	<b>INSTRUMENTS</b>	
<input type="checkbox"/> G01	MEASURING; TESTING	ⓘ
<input type="checkbox"/> G01S	RADIO DIRECTION-FINDING; RADIO NAVIGATION; DETERMINING DISTANCE OR VELOCITY BY USE OF RADIO WAVES; LOCATING OR PRESENCE-DETECTING BY USE OF THE REFLECTION OR RERADIATION OF RADIO WAVES; ANALOGOUS ARRANGEMENTS USING OTHER WAVES	S D ⓘ ▲
▲ <input type="checkbox"/> G01S 19/00	Satellite radio beacon positioning systems; Determining position, velocity or attitude using signals transmitted by such systems	D ⓘ
<input type="checkbox"/> G01S 19/01	• Satellite radio beacon positioning systems transmitting time-stamped messages, e.g. GPS [Global Positioning System], GLONASS [Global Orbiting Navigation Satellite System] or GALILEO	
<input checked="" type="checkbox"/> G01S 19/015	• • {Arrangements for jamming, spoofing or other methods of denial of service of such systems}	

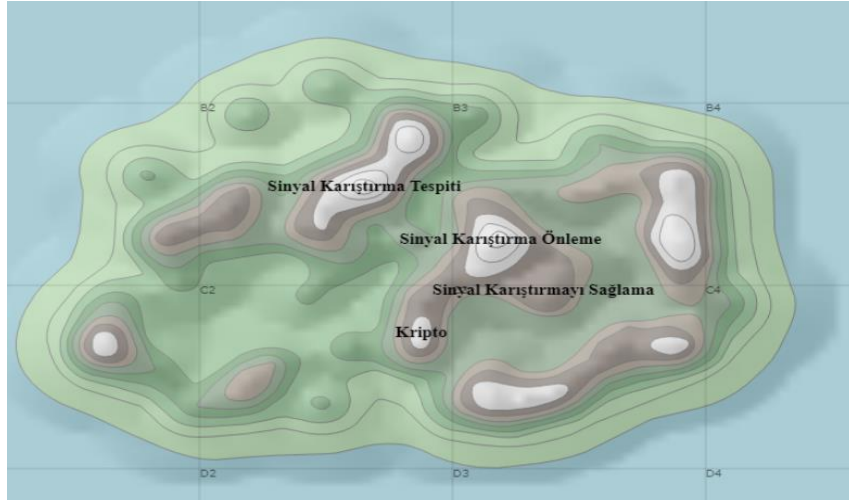
Şekil 1. CPC sınıfı seçimi

Bu çalışmada Derwent Innovation aracı kullanılarak, ilgili CPC sınıfı içerisinde yer alan patentler yıl bazında listelenmiştir. Tespit edilen patentler incelendiğinde ilgili teknoloji bazında yayınlanan patentler için 2017 yılından sonra hızlı bir ivmelenme olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 2. Patentlerin yıllara göre yayınlanma sayıları

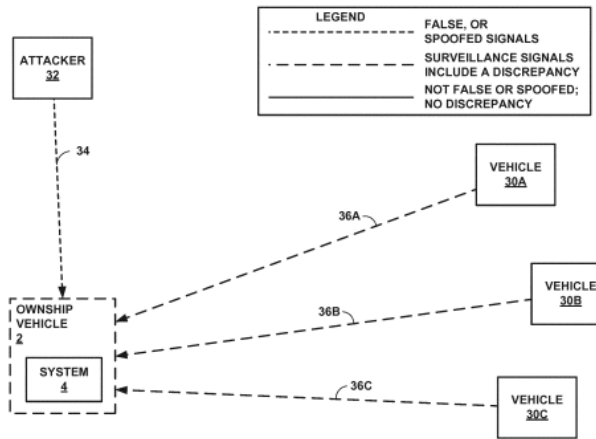
Çalışma kapsamında 80 adet patent başvurusuna ulaşılmıştır. Tespit edilen patentler incelenerek konularına göre ayrıştırılmış ve analiz edilmiştir. Sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem ait 25, bilgi güvenliği konusuna ait 4, sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem ait 20, sinyallerdeki gürültüyü azaltmak için sistem ve/veya yöntem ait 2, sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem ait 21, sinyal karışmasının kaynağının yerini tespit edilmesi için cihaz ve/veya yöntem ait 2 ve diğer konulara ait patentler için 6 adet patent başvurusu bulunmaktadır. Konularına göre incelenen patent başvurularının sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem, sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem ve sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem başlıkları altında yoğunlaştıkları gözlemlenmektedir. Bu nedenle incelemeler bu başlıklarda toplanan patent başvuruları üzerinden gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Patentlerin topografik haritaları

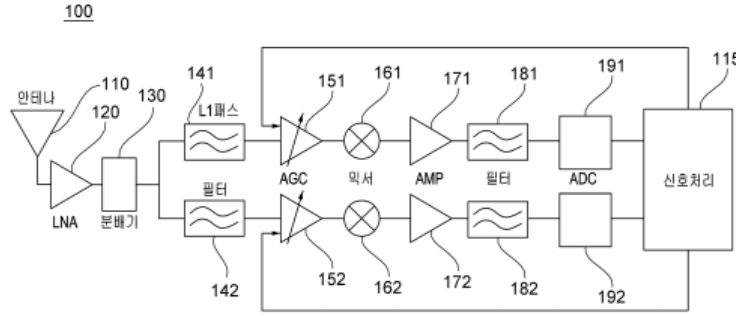
İlgili teknoloji için topografik harita oluşturulmuştur. Topografik haritada yer alan tepeler patent başvurularının yoğun olduğu teknoloji alanlarını, aralarda kalan yeşil alanlar ise teknolojilerin bağlantılı olduğu ve gelişmekte olan teknoloji alanlarını ifade etmektedir. Küresel navigasyon uydu sisteminde akıllı ve rasgele bozulmaları içeren patentler için topografik harita ve manuel inceleme sonuçlarının paralel olduğu gözlemlenmektedir. Her iki yaklaşımla da patent başvurularının yoğunlaştığı alanların benzer olduğu görülmüştür.

Sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem ve sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem konularına ait patent örnekleri sırasıyla aşağıda sunulmuştur.



Şekil 4. EP3379295 numaralı patent başvurusu

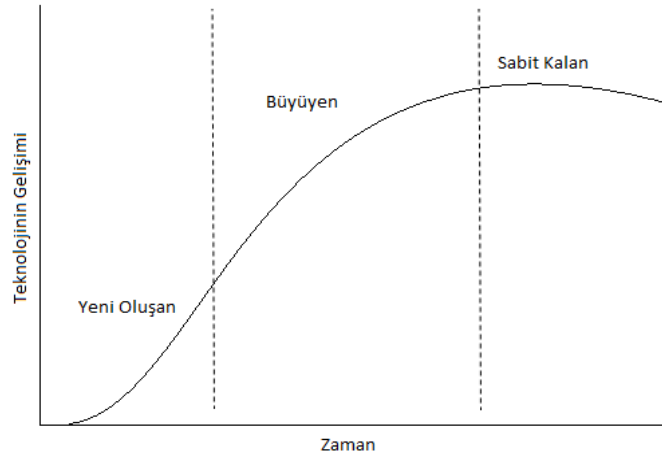
Buluş, hava araçlarında kazaları önlemek için saldırgan tarafından iletilen gözetleme sinyalleri tabanlı yanlış konum sinyallerinin tespit edilmesini sağlamaktadır. İkinci bir araçtan gözetim verilerinin olduğu gözetim sinyalleri alınmaktadır. Konumlandırma sinyallerine göre taşıtın konumu belirlenmektedir. Gözetleme sinyalleri ile beklenen karakteristik ve ikinci araçtan alınan gözetleme sinyallerinin asıl karakteristiği karşılaştırılmaktadır. Gözetim sinyallerinde bir tutarsızlık belirlendiğinde uyarı sinyali üretilmektedir.



Şekil 5. KR101857134 numaralı patent başvurusu

Buluş, her bir bant için çok bantlı bir antenden alınan çok bantlı bir sinyali bölmek ve çok bantlı sinyali değişken şekilde yükseltmek için değişken bir amplifikatör ile ilgilidir. Her çoklu bant sinyallerinin genliğini ölçmek için, kontrol operasyonu için ve ölçülen genliğe göre değişken amplifikatörü kazancı için sinyal işlemcisi bulunmaktadır. Her bir bant için bozucu seviyesindeki farka göre bozulmanın miktarını ve her bir banttaki bozulma miktarını ayarlayarak ilgili bantlardaki alım hassasiyetini optimize etmek için değişken amplifikatörler içerir ki bu cihaz çok bantlı GPS anti bozulmalar için kazanç ayarlamayı sağlamaktadır.

Patentlerin incelenerek konularına göre ayrıştırılmasının ardından, konuların teknoloji yol haritasına dâhil edilmesi ve yatırım faaliyetlerine uygunluğunun değerlendirilmesi için teknoloji yaşam döngüsü, yaygınlaşması, büyüme potansiyeli ve patent gücü hesaplanmaktadır.



Şekil 6. Teknoloji yaşam döngüsü

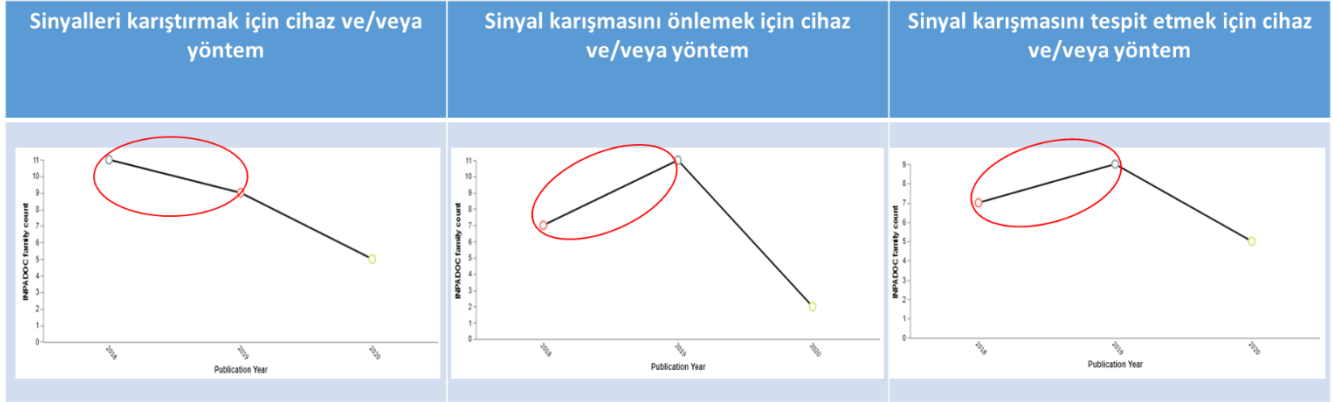
Teknolojinin zamanla gelişme düzeyi dikkate alınarak teknoloji yaşam döngüsüne karar verilmektedir. Yeni gelişmekte olan teknolojiler için son yıllarda gerçekleştirilen patent başvuru sayısında artış gözlemlenmektedir. Büyümekte olan teknolojiler için eski patent başvuruları da mevcut olmakla birlikte patent başvuru sayısında büyük artış görülmektedir. Sabit kalan yaşam döngüsünde ise patent başvuru sayısı değişmediği veya zamanla azalma eğiliminde olduğu görülür. Teknoloji yol haritasına dâhil edilecek teknoloji konuları belirlenirken teknoloji yaşam döngüsünün sonunda olan, teknolojik gelişmelerin sabit kaldığı teknolojiler eskimeye başlayan teknolojiler olarak değerlendirilerek, terk edilmesi gereken teknolojiler olarak işaretlenmektedir. Patente kendisinden sonra başvuru yapılan patentler tarafından atıf yapılması, patentin içerdiği teknolojinin uygulanabilir olduğunu, değerli olduğunu ve sürdürülebilir bir teknoloji olmasından dolayı teknolojinin yaygınlaşma potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir. Teknolojinin diğer teknolojilerle etkileşimi incelenerek teknolojinin büyüme potansiyeli analizi gerçekleştirilmektedir. Bunun için teknoloji kapsamında başvurusu yapılan patentlerin IPC (Uluslararası Patent Sınıflandırması) sınıflarının ilk 4 hanesi incelenmekte ve kaç farklı IPC sınıfı ile ilişkili olduğuna bakılmaktadır. Patent gücü ise teknolojinin farklı sektörlerle güçlü ilişkilerinin olduğunu ve teknolojinin yeni sektör oluşturmak için potansiyeli olduğunu göstermektedir. Bu kriterler incelenerek teknoloji konusunun yol haritasında yer alması hususu ve şirket için yatırım potansiyeli değerlendirilmektedir.



## BULGULAR ve TARTIŞMA

Küresel navigasyon uydu sisteminde akıllı ve rasgele bozulmalar teknolojisi için sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem, sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem ve sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem konuları teknolojinin hayat döngüsü, yaygınlaşması, büyüme potansiyeli ve patent gücü bakımından karşılaştırılmaktadır (Altuntas ve ark, 2015).

**Tablo 1.** Teknolojilerin hayat döngüsü



Tablo 1'e göre sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem teknolojisi sabit kalan hayat döngüsünde yer almaktadır. Sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem ve sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem teknolojileri ise büyüyen hayat döngüsünde yer almaktadır. Bu nedenle sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem teknolojisi şirketin teknoloji yol haritasında yer alması için değerlendirilmemektedir. Teknolojinin yaygınlaşması, büyüme potansiyeli ve patent gücü bakımından karşılaştırılma ise büyüme evresinde olan diğer iki teknoloji konusu üzerinden gerçekleştirilmektedir.

$$\text{Teknoloji yaygınlaşması} = a/b \quad (1)$$

Teknolojinin yaygınlaşmasının değerlendirilmesi için (1) denklemi kullanılmaktadır. Denkleminde yer alan a toplam atıf (forward citation) sayısını, b ise yaygınlaşma için göz önünde bulundurulmuş toplam patent sayısını temsil etmektedir (Chang ve ark, 2009).

**Tablo 2.** Teknolojilerin yaygınlaşması

Sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem	Sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem
$\frac{4}{20} = 0.2$	$\frac{3}{21} = 0.1428$

Tablo 2'ye göre sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem konulu teknoloji 20 patentin aldığı toplam 4 atıf ile 0.2 orana sahip iken 21 patentin aldığı toplam 3 atıf ile sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisinin aldığı 0.1428'lik orandan daha büyük olduğundan yaygınlaşma potansiyeli daha büyük olarak değerlendirilmektedir (Huang ve Wang, 2013)

**Tablo 3.** Teknolojilerin büyüme potansiyeli

Sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem	Sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem
G01S	G01S
F41H	G05D
B60R	G01C
H01Q	G06K
H03H	H04B
H01R	G08G
	B60R
	G06N
	B61L
	H04W

Tablo 3'e göre sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisi 6 farklı IPC sınıfına ait patentler içermekte olup sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisinde 10 farklı IPC sınıfı içeren patentler yer almaktadır. Bu durumda sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisinin büyüme potansiyeli daha yüksek olarak değerlendirilmektedir.

$$\text{Patent Gücü} = x/y$$

(2)

Patent gücünün değerlendirilmesi için (2) denklemi kullanılmaktadır. Denklemden yer alan x ilgili teknoloji için alınan patentlere dâhil edilen IPC kodu sayısı, y ise toplam patent sayısıdır.

**Tablo 4.** Patent gücü

Sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem	Sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem
G01S=19	G01S=21
F41H=1	G05D=1
B60R=1	G01C=1
H01Q=1	G06K=1
H03H=1	H04B=1
H01R=1	G08G=1
	B60R=1
	G06N=1
	B61L=1
	H04W=1

Tablo 4'e göre sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisi  $24/20=1.2$  ve sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisi  $30/21=1.428$ 'dir. Bu durumda sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisinin patent gücü daha yüksektir yorumu yapılmaktadır.

## SONUÇ

Bu çalışmada INPADOC patent ailesine ait 80 patent incelenmiştir. Küresel navigasyon uydu sistemleri teknoloji alanı için yapılan patent başvuruları patent veri tabanları üzerinden analiz edilmiş ve konularına göre sınıflandırılmıştır. Patent başvuruları sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem, bilgi güvenliği, sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem, sinyallerdeki gürültüyü azaltmak için sistem ve/veya yöntem, sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem, sinyal karışmasının kaynağının yerini tespit edilmesi için cihaz ve/veya yöntem ve diğer olmak üzere 7 ana başlık altında kümelenebilir. Yoğunluklu patent başvuru konularının sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem, sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem ve sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem oldukları tespit edilmiştir.

**Tablo 5.** Değerlendirme matrisi

	Sinyalleri karıştırmak için cihaz ve/veya yöntem	Sinyal karışmasını önlemek için cihaz ve/veya yöntem	Sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem
Teknolojinin Yaşam Döngüsü	0	1	1
Teknolojinin Yayılma Hızı	-	1	0
Teknolojinin Büyüme Potansiyeli	-	0	1
Patent Gücü	-	0	1

GNSS teknolojinin teknoloji yönelimi incelenerek şirketin teknoloji yol haritası ve yatırım faaliyetleri için analiz gerçekleştirilmiştir. Bu değerlendirme kapsamında patent başvurularının yoğun olduğu teknoloji alanları teknolojinin hayat döngüsü, yaygınlaşması, büyüme potansiyeli ve patent gücü bakımından karşılaştırılarak Tablo 5'teki gibi bir değerlendirme matrisi oluşturulmuş ve sinyal karışmasını tespit etmek için cihaz ve/veya yöntem teknolojisinin incelenerek şirketin teknoloji yol haritası ve yatırım faaliyetleri için en uygun teknoloji olduğu değerlendirilmiştir. Çalışmada “Espacenet” ve “Derwent Innovation Tool” veri tabanları kullanılmıştır.

#### KAYNAKLAR

- Altuntas S, Dereli T, Kusiak A 2015. Forecasting technology success based on patent data, Technol. Forecast. Soc. Change. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.03.011>
- Bardout Y 2011. Authentication of GNSS position: An assessment of spoofing detection methods. *Proc. ION GNSS*, pp. 436-446.
- Bian SF, Hu YF, Chen C, Li ZM, Ji B 2017. Research on GNSS repeater spoofing technique for fake Position fake Time & fake Velocity. *Advanced Intelligent Mechatronics (AIM): IEEE International Conference on*, pp. 1430-1434
- Chang SB, Lai KK, Chang SM 2009. Exploring technology diffusion and classification of business methods: using the patent citation network. *Technol. Forecast. Soc. Chang.* 76 (1), 107–117.
- Huang K, Wang N 2013. Status and prospects of technology diffusion research based on patent information. *L.N.E.E.* 185, 167–180.
- Hu Y, Bian S, Li B, Zhou L 2018. A Novel Array-Based Spoofing and Jamming Suppression Method for GNSS Receiver. *IEEE Sensors Journal*, vol. 18, no. 7, pp. 2952-2958, doi: 10.1109/JSEN.2018.2797309.

## Laboratuvar koşullarında riskleri belirlemeye yönelik bir uygulama

Melek Işık (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6078-7026>)

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: demirtasm@cu.edu.tr

### Özet

Risk yönetimi uygulamalarında, çalışanlar için öncelikle dikkat edilmesi gereken konu bedensel, ruhsal ve sosyal olarak düzenlerini sürekli bir şekilde devam ettirmektir. Bu sürekliliği sağlayacak yaklaşımlardan birisi sağlığı etkileyecek tehlikelerinin saptanması ve kontrol altına alınarak işyerleri için sağlıklı ve güvenli bir ortam haline getirilmesidir. İş güvenliği, işçi sağlığına gelebilecek zararlardan kaçınmak ve fiziksel bütünlüğü sağlamak için gerekli teknik kuralları takip etmektedir. Bu nedenle, işletmenin iş güvenliğine yönelik algısı önemlidir ve gelişmeye açık olmalıdır. Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında işçi sağlığı ve iş güvenliği konusundaki bilinç düzeyini ölçmeye yönelik bir Analitik Hiyerarşi Prosesi çalışması yapılmıştır. Araştırmada faktörlerin puanları uzmanlara sorularak belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Risk Faktörleri, Uygulama

### An application for determining risks under laboratory conditions

#### Abstract

In risk management applications, the primary concern for employees is to maintain their physical, mental and social regularities. One of the approaches that will ensure this continuity is to identify the dangers that will affect health and to make them a healthy and safe environment for workplaces. Occupational safety follows the technical rules required to avoid possible damage to worker health and to ensure physical integrity. Therefore, the company's perception of occupational safety is important and should be open to improvement. In this study, an Analytical Hierarchy Process study was conducted to measure the awareness level of worker health and work safety under laboratory conditions. The scores of the factors in the study were determined by asking the experts.

**Keywords:** Analytical Hierarchy Process (AHP), Risk Factors, Application

### GİRİŞ

Risk yönetimi, bir kuruluşun sermayesine ve kazançlarına yönelik tehditleri belirleme, değerlendirme ve kontrol etme sürecidir. Bu tehditler veya riskler, finansal, yasal, stratejik yönetim hataları, kazalar ve doğal afetler gibi çok çeşitli nedenlerden kaynaklanabilir. Risk yönetimi kılavuzları, laboratuvar analizlerinde karşılaşılan belirli riskleri ele almak için kişiselleştirilmiş kılavuz geliştirerek, laboratuvarların hata potansiyelini en aza indirmede aktif bir rol oynamasını önermektedir. Laboratuvarlar, her adımda zayıflıkları belirlemek için test süreçlerini haritalamalıdır.

İş sağlığı ve güvenliği, işçi nüfusundaki hastalık ve yaralanmalardaki eğilimleri inceleyen ve bunları önlemek için strateji ve düzenlemeler öneren ve uygulayan bir alandır. İş sağlığı ve güvenliği, sektörden bağımsız olarak çok karmaşık, ancak her işveren için çok önemli bir konudur. Bunun nedeni, bu alandaki yasal gerekliliklerin en değerli varlıklarının, yani çalışanlarının sağlık ve güvenliğine odaklanmasıdır. Laboratuvar kuralları, güvenlik önlemleri ve önleyici sağlık bakımı özel gereksinimleri olan bir prosedürdür. Laboratuvarlarda yanıcı, aşındırıcı veya zehirli maddelerle çalışma yapıldığı için dikkat edilmesi gereken yerlerin başında gelmektedir.

Genel olarak, laboratuvarında her personel, kendisine verilen görevleri yerine getirmek ve prosedürü izlemek için rol ve uzmanlıklarına göre mümkün olan her şeyi yapmakla yükümlüdür. Bununla birlikte, iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin işlevsel, organizasyonel ve personelle ilgili önlemlerle ilgili tüm önemli kararlardan işveren sorumludur. Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında işçi sağlığı ve iş güvenliği konusundaki bilinç düzeyini ölçmeye yönelik bir Analitik Hiyerarşi Prosesi çalışması yapılmıştır. Araştırmada faktörlerin puanları uzmanlara sorularak belirlenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), orijinal olarak Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir (Saaty, 1987). Kısaca, oran ölçeklerini ikili karşılaştırmalardan türetme yöntemidir. Girdi, fiyat, ağırlık vb. gerçek ölçümlerden veya memnuniyet duyguları ve tercihler gibi öznel görüşlerden elde edilebilir. Oran ölçekleri temel Eigen vektörlerinden ve tutarlılık indeksi temel Eigen değerinden türetilmiştir. AHP uygulamasının adımları aşağıdaki gibidir (Vaidya ve Kumar, 2006);

- Karar verme problemi tanımlanır.
- Faktörler arası karşılaştırma matrisi oluşturulur.
- Faktörlerin yüzde önem dağılımları belirlenir.
- Faktör kıyaslamalarındaki tutarlılık ölçülür.
- Her bir faktör için karar noktasındaki yüzde önem dağılımları bulunur.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada, laboratuvar güvenliği için gerekli hususlar incelenmiş ve uygulama alanı olarak biyoloji, kimya ve fizik bölümleri risk yönetimi içerisinde iş sağlığı ve güvenliği bakımından AHP yöntemi ile değerlendirilmiştir. AHP matrisleri oluşturulurken, AHP puanları beyin fırtınası tekniği ile belirlenmiştir. Laboratuvarlarda deneyimli uzmanlar tarafından puanlar belirlenmiştir.

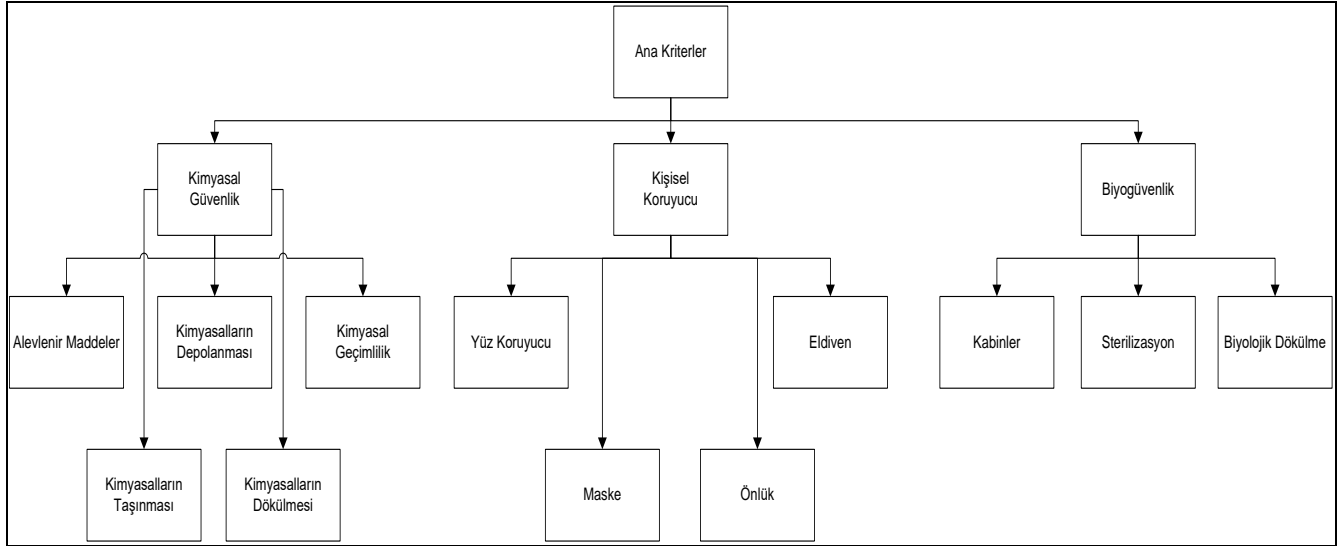
AHP tekniğini uygulamaya başlamak için ana kriterlerin belirlenmesi gerekmektedir. Sağlık Bakanlığının belirlemiş olduğu kriterlerden bazıları seçilerek uygulamaya başlanmıştır. Belirlenen ana kriterler aşağıda sıralanmıştır (Laboratuvar Güvenliği El Kitabı, 2019);

- Kişisel Koruyucu
- Kimyasal Güvenlik
- Biyogüvenlik

**Tablo 1.** Ana kriter önem seviyeleri

Ana Kriterler	Kişisel Koruyucu	Kimyasal Güvenlik	Biyogüvenlik	Ağırlık Puanı
Kişisel Koruyucu	1	5	7	0,73
Kimyasal Güvenlik	0,2	1	3	0,19
Biyogüvenlik	0,14	0,33	1	0,08

Tablo 1’ de görüldüğü üzere kişisel koruyucu, kimyasal güvenlik ve biyogüvenlik ana kriterlerinin karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Hesaplamalar sonucunda ağırlık puanı en yüksek çıkan önlem 0,73 ile kişisel koruyucu olmuştur. Bu kriteri sırayla takip eden diğer önlemler ise kimyasal güvenlik ve biyogüvenliktir. Ana kriterler belirlendikten sonra alt kriterlerin belirlenmesi adımına geçilir. Şekil 1’de ana kriterler ve alt kriterler şeması gösterilmiştir. Kimyasal güvenlik ana kriterine bağlı alt kriterler alevlenir maddeler, kimyasalların taşınması, kimyasalların depolanması, kimyasalların dökülmesi ve kimyasal geçimlilik belirtilmiştir. Kişisel koruyucu ana kriterine bağlı alt kriterler yüz koruyucu, maske, önlük ve eldiven seçilmiştir. Son olarak, biyogüvenlik ana kriterine bağlı alt kriterler ise kabinler, sterilizasyon ve biyolojik dökülme olmuştur. Alt kriterlerin önem dereceleri belirlendikten sonra biyoloji, kimya ve fizik laboratuvarları için hangi kriterlerin daha vurgulanması gerektiği saptanmıştır. Tüm değerlendirmeler için tutarlılık indeksleri uygun bulunmuştur.



Şekil 1. Ana ve alt kriterler şeması (Laboratuvar Güvenliği El Kitabı, 2019)

Ana kriterlere bağlı alt kriterlerin ağırlık puanları tablo 2’de gösterilmiştir. Kimyasal güvenlik ana kriterine bağlı alevlenir maddeler ve kimyasalların taşınması alt kriterlerinin önem dereceleri birbirine yakın çıkmıştır. Bu alt kriterleri sırasıyla kimyasalların depolanması, kimyasalların dökülmesi ve kimyasal geçimlilik takip etmektedir. Kişisel koruyucu ana kriterine bağlı alt kriterlerde önem derecelerine göre sırasıyla yüz koruyucu, maske, önlük ve eldiven olmuştur. Biyogüvenlik ana kriterine bağlı alt kriterlerde ise kabinler yüksek önem derecesine sahiptir. Ayrıca, sterilizasyon ve biyolojik dökülme bu sıralamayı takip etmektedir.

Tablo 2. Ana ve alt kriterler ağırlık puanları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Ağırlık Puanı
Kimyasal Güvenlik	Alevlenir Maddeler	0,36
	Kimyasalların Taşınması	0,37
	Kimyasalların Depolanması	0,14
	Kimyasalların Dökülmesi	0,08
	Kimyasal Geçimlilik	0,06
Kişisel Koruyucu	Yüz Koruyucu	0,55
	Maske	0,25
	Önlük	0,13
	Eldiven	0,07
Biyogüvenlik	Kabinler	0,79
	Sterilizasyon	0,15
	Biyolojik Dökülme	0,07

Tablo 3’de belirtildiği üzere kimyasal güvenlik ana kriteri altındaki alevlenir maddelerin önem teşkil ettiği kimya laboratuvarıdır ve değeri 0,49’dur. Aynı şekilde beklenildiği üzere kimyasalların taşınması da kimya laboratuvarında 0,46 önem derecesine sahiptir. Kimyasalların depolanması için ise değer 0,47 ve kimya laboratuvarında önceliklidir. Kimyasalların dökülmesi 0,54 değerinde ve kimyasal geçimlilik 0,53 değerinde kimya laboratuvarında yüksek ağırlıkta öneme sahiptir.

**Tablo 3.** Kimyasal güvenlik ana kriteri ve alt kriterleri için laboratuvarlardaki ağırlık puanları

<b>Ana Kriter: Kimyasal Güvenlik</b>					
Alt Kriterler	Alevlenir Maddeler	Kimyasalların Taşınması	Kimyasalların Depolanması	Kimyasalların Dökülmesi	Kimyasal Geçimlilik
Laboratuvar	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı
Biyoloji	0,31	0,44	0,38	0,37	0,35
Kimya	0,49	0,46	0,47	0,54	0,53
Fizik	0,20	0,11	0,15	0,09	0,12

Kişisel koruyucu ana kriteri ve alt kriterleri için laboratuvarlardaki ağırlık puanları tablo 4’ de gösterilmiştir. Yüz koruyucu alt kriteri 0,60 oranla biyoloji laboratuvarında yüksek öneme sahip çıkmıştır. Maske ise kimya laboratuvarında 0,41 önem derecesindedir. Önlük 0,58 değeriyle ve eldiven 0,47 ağırlık puanıyla biyoloji laboratuvarında yüksek önemdedir.

**Tablo 4.** Kişisel koruyucu ana kriteri ve alt kriterleri için laboratuvarlardaki ağırlık puanları

<b>Ana Kriter: Kişisel Koruyucu</b>				
Alt Kriterler	Yüz Koruyucu	Maske	Önlük	Eldiven
Laboratuvar	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı
Biyoloji	0,60	0,33	0,58	0,47
Kimya	0,31	0,41	0,30	0,38
Fizik	0,10	0,26	0,12	0,15

Tablo 5’de biyogüvenlik ana kriteri ve alt kriterleri için laboratuvarlardaki ağırlık puanları verilmiştir. Kabinler alt kriteri için 0,59 değerle, sterilizasyon alt kriteri için 0,53 değerle ve biyolojik dökülme alt kriteri için 0,50 değerleri ile önem derecesine biyoloji laboratuvarında sahiptir.

**Tablo 5.** Biyogüvenlik ana kriteri ve alt kriterleri için laboratuvarlardaki ağırlık puanları

<b>Ana Kriter: Biyogüvenlik</b>			
Alt Kriterler	Kabinler	Sterilizasyon	Biyolojik Dökülme
Laboratuvar	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı	Ağırlık Puanı
Biyoloji	0,59	0,53	0,50
Kimya	0,25	0,33	0,25
Fizik	0,16	0,14	0,25

Tüm kriterler bazında düşünüldüğünde ağırlık puanları düşük seviyelerde seyreden laboratuvar fizik olmuştur.

## SONUÇ

Çalışmada, risk yönetimi açısından laboratuvar koşullarına bakıldığında hangi kriterlerin olduğu ve öncelikleri belirlenmiştir. Sonrasında, AHP tekniği uygulanarak ağırlık puanları hesaplanmıştır. Laboratuvarlarda iş sağlığı ve güvenliği düşünülerek oluşturulan AHP yöntemine göre ana ve alt kriterlerin önem derecelerine bakıldığında;

- Kimyasal güvenlik ana kriterine bağlı kimyasalların taşınması alt kriteri ağırlık puanı yüksek çıkmıştır.
- Kişisel koruyucu ana kriterine bağlı yüz koruyucu alt kriteri ağırlık puanı yüksek çıkmıştır.
- Biyogüvenlik ana kriterine bağlı kabinler alt kriteri ağırlık puanı yüksek çıkmıştır.

Biyoloji, kimya ve fizik laboratuvarlarındaki risk faktörleri düşünülerek ana kriter ve alt kriterler açısından ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu ağırlık puanları için laboratuvar risklerine göre;

- Kimyasal güvenlik ana kriterinin önem arz ettiği laboratuvar kimyadır.
- Biyoloji laboratuvarında ise kişisel koruyucu ve biyogüvenlik ana kriteri ön plandadır.
- Genel olarak tedbirlerin düşük ağırlık seyrettiği laboratuvar ise fizik laboratuvarıdır.

## **TEŞEKKÜR**

Çalışma sırasında AHP değerlendirmelerini yapan uzmanlarımıza teşekkür ederiz.

## **KAYNAKLAR**

- Laboratuvar El Kitablığı, 2019. Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, 125.
- Saaty R.W. 1987. The Analytic Hierarchy Process—What it is and How it is used. *Mathematical Modelling*, 9 (3): 161-176.
- Vaidya O. S., Kumar S. 2006. Analytic Hierarchy Process: An Overview of Applications. *European Journal of Operational Research*, 169 (1): 1-29.



## Açık kaynak dağıtık kod geliştirme özelliklerinin GitHub'da kullanımı: Bir gerçek dünya örneği

Abdulkadir Şeker<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4552-2676>), Banu Diri<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4052-0049>), Halil Arslan<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3286-5159>),

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: aseker@cumhuriyet.edu.tr

### Özet

Açık kaynak dağıtık kod geliştirme platformları, geliştirici ve proje temeline dayanmaktadır. Bu platformlarda süreçlerin otomatize edilmesi ve problemlerin daha hızlı çözülebilmesi için farklı özellikler (sorun, iş ekleme, çekme isteği, vs.) kullanılmaktadır. Bu özellikler üzerinden yapılan aktiviteler, geliştiriciler hakkında bazı çıkarımlar yapmayı ve bilgi edinmeyi sağlamaktadır. Bu aktiviteler, genellikle geliştiricinin her bir proje başına yaptığı faaliyet ve katkılar üzerinden değerlendirilmektedir. Bunun sonucunda yapılan aktivitelerden elde edilen sayısal veya oransal değerler farklı problemlerin çözülmesi için metrik olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, GitHub ortamında sunulan özelliklerle ilişkili aktivitelerin (tüm ortam verisi üzerinden) kullanımı incelenmiştir. Ortaya çıkan veriler ile özelliklerin kullanım oranları analiz edilmiştir. Bu analiz sonucunda önemli olduğu düşünülen aktivitelerin gerçek yazılımcıların gözündeki değerini ölçmek için farklı şirketlerde çalışan, farklı birikim ve pozisyona sahip 130 yazılımcı ile bir anket çalışması yapılmıştır. Anket sonucunda aktivitelerin kullanım oranları ile örtüşen sonuçlar olduğu görülmüştür. Bunun yanında anket yapılan kullanıcılara göre daha önemli olarak görülen bazı özellikler ve aktiviteler de ortaya çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** açık-kaynak, dağıtık kodlama, GitHub, geliştirici, metrik.

### Using Open Source Distributed Code Development Features on GitHub: A Real-World Example

#### Abstract

Open source distributed code development platforms are established on a developer and project basis. In these platforms, different features (issue, commit, pull request, etc.) are used to automate processes and solve problems faster. The activities done through these features provide some inferences and information about the developers. These activities are generally evaluated on the basis of the developer's activities and contributions per project. The numerical or proportional values obtained from the activities performed as a result of this are used as metric to solve different problems. In this study, the use of activities (over all environment data) associated with the features offered in the GitHub environment was examined. The utilization rates of the features were analyzed with the resulting data. As a result of this analysis, a survey was conducted with 130 software developers with different backgrounds and positions working in different companies in order to measure the value of the activities considered to be important in the eyes of real software developers. As a result of the survey, it was seen that the activities had results that coincided with the usage rates. In addition, some features and activities that are seen as more important than the users surveyed have also been revealed.

**Keywords:** open-source, distributed coding, GitHub, developer, metric.

#### INTRODUCTION

With the widespread use of open-source code development, code version control systems have started to be used frequently. These systems brought many features that would make it easier for teams to develop code to work simultaneously. Thanks to version control, a developer who writes code for a piece of software can easily revert to older versions, check changes between versions, and notify others of the new version of the code. After these developments, open-source distributed coding models emerged. Unconnected developers from many different locations started developing code together. In this case, new tools were needed to manage developers' collaboration processes. GitHub, an example based on Git, is one of these collaboration platforms.

In GitHub, developers can store their projects in the remote directories called *repository*. In this platform, some features such as *issue*, *commit*, *pull request (PR)* make easier to manage and develop projects. The activities performed related with these features (opening an issue, commenting commit, merging PR, etc.) show a developer's relationship with a project and contribution to a project. Developer metrics are created with the information obtained from these activities. For example, values such as *the number of issues opened in a project*, *the number of lines of code in a PR*, *the time between committing activities in a project*, and *the number of files in a commit* can be used as a developer metric. These metrics provide to characterize developers and find solutions to various problems such as automatic reviewer assignment, issue or PR prioritization, project recommendation, bug triaging, etc (Jeong et al., 2009; Yu et al., 2016; Liu et al., 2018).

In this study, usage rates of these activities that can be used as developer metrics based on GitHub data are analyzed. In addition, a survey was conducted to verify the results obtained here, and the real value of the activities in terms of software developers was also examined. As a result; it is concluded that there are important activities belonging to different features and different metrics can be extracted with the information obtained from these activities.

## OPEN-SOURCE DISTRIBUTED CODE DEVELOPMENT FEATURES

In order to analyze the open-source distributed code development features, a dataset containing data in the GitHub environment was used (Gousios, 2013). The collections in the dataset and the amount of data included are given in Figure 1.

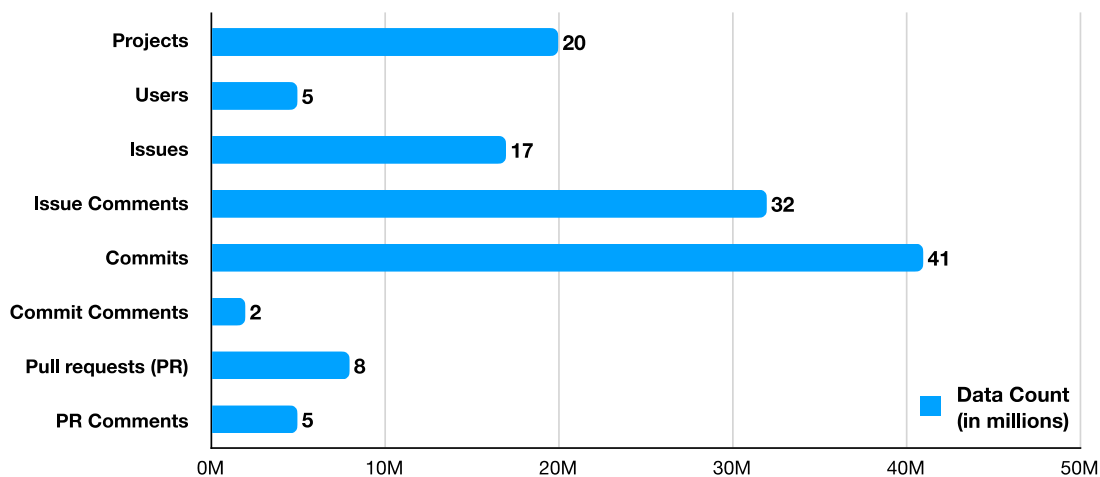


Figure 7. The information about collections and amount of data (in a million)

Metrics that can be used in GitHub have been extracted from activities related to issue, commit and PR features. The dataset was used in the MongoDB environment, and the activity numbers of the features were obtained. In this section, the number of each activity per developer and project is given. Thus, the frequency of use of each activity according to the developers or projects was revealed. Equation 1 shows the calculation method.

$$usage\_rates(x) = \begin{cases} \frac{\# \text{ of activity}}{\# \text{ of project}}, & \text{per project} \\ \frac{\# \text{ of activity}}{\# \text{ of user}}, & \text{per user} \end{cases} \quad (1)$$

### Issue related activities

Issues are a great way to keep track of tasks, enhancements, and bugs for your projects. An issue can be opened to fix a bug or to add a new feature to the project. To define an issue, it can be made more descriptive with a label or milestone. Different users can comment on the issue. A developer who reviews or fixes for an issue can be assigned to it. When the issue is fixed, it can be closed directly or with a PR. An issue closed with PR means that a bug or problem has been fixed in the relevant project. These mentioned activities can be used as metrics about the issue feature. The usage rates of the activities related to the issue, the number of activities per project and per developer are given in Figure 2.

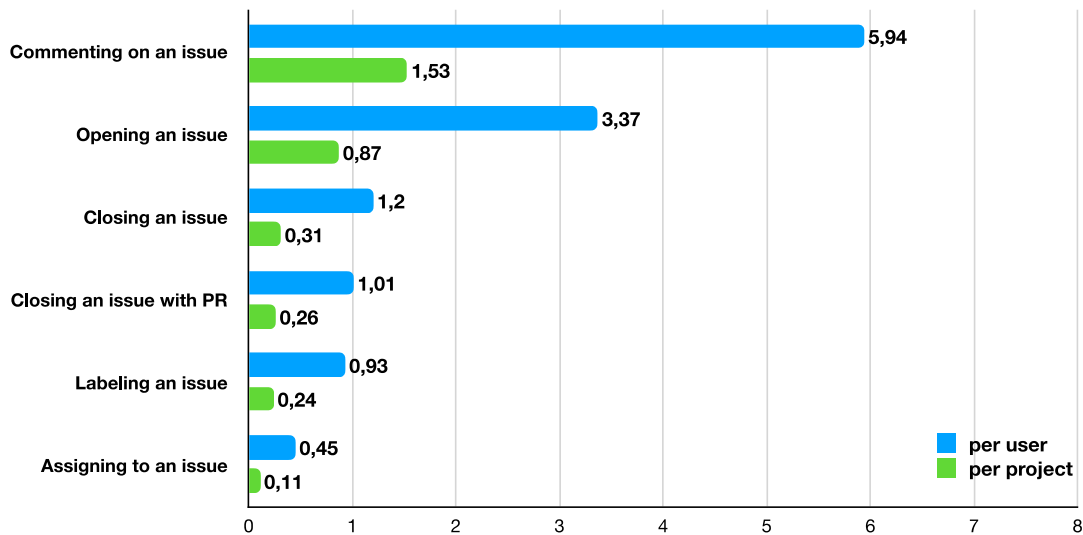


Figure 8. The usage rates of issue related activities

Developers often make discussion while trying to find out exactly what the problem is (on issue phase). In this context, the most commonly used activity has extracted as *commenting on an issue*. Although *labeling an issue* is an important feature, it has been observed that this activity is used rarely. In fact, this usage rate reveals research field called issue classification (Izquierdo et al., 2015; Alonso-Abad et al., 2019). Similarly, because of *assigning to an issue* activity is used less, another challenges emerge called issue assignment in the literature (Jeong et al., 2009).

### Commit related activities

Commit is used to save your changes to the local repository. There is two activity about commit; committing (saving to repo) and authoring (coding). Besides, developers comment on commits. The usage rates of the commit related activities are given in Figure 3.

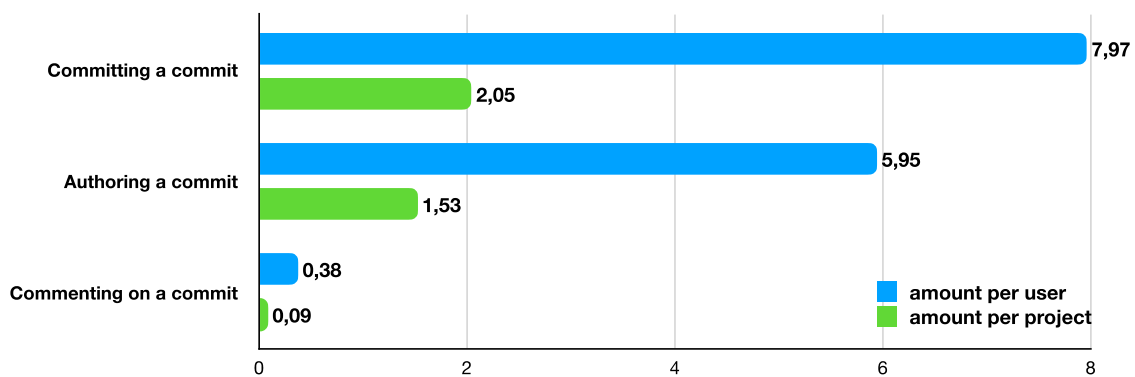


Figure 9. The usage rates of commit related activities

Related with commit feature; it has been observed that apart from these activities, more metrics are extracted from coding activity (number of lines, number of files, coding language, etc.) in the literature. In the light of Figure 3, it seems that developers rarely make discussion about a commit. This shows that the GitHub developers do not use extreme programming that a practice of pair programming.

### Pull request (PR) related activities

Pull request let you tell others about changes you've pushed to a branch in a repository. Once a pull request is opened, you can discuss and review the potential changes with collaborators and add follow-up commits before your changes are merged into the base branch. The activities of the PR feature are given in Figure 4.

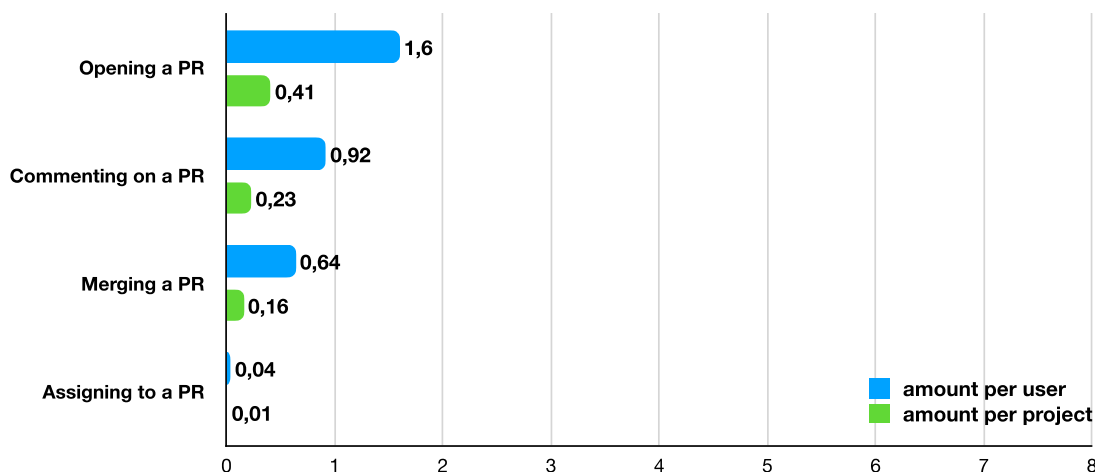


Figure 10. The usage rates of pull request related activities

The most used activity is seen that *opening a PR*. In addition, it is seen that approximately 1/3 of the PRs opened are accepted. This shows that not every contribution made is accepted to the project. In this context, we think that PR reviewing is an important activity. Result of the literature reviewed; it has been seen that the challenges related to PR are mostly related to assigning a reviewer (Ying et al., 2016; Yu et al., 2016).

## THE QUESTIONNAIRE

In this section, the results of a survey conducted to investigate importance some activities that can be used as developer metrics in terms of real software developers are given. The survey was developed under the following 3 research questions;

RQ1- Which open-source software (OSS) collaboration platforms do developers use?

RQ2- What is the most important activity/feature that developers do on these platforms?

RQ3- Is commenting (discussing) as important as writing code for developers?

### Selecting participants of survey

The survey was conducted on *Google forms*. We sent this questionnaire via direct mail and a community called *IstanbulCoders* to developers working in different companies. The target audience of the survey is the developers working actively in the software industry who develop applications with open-source software collaboration platforms or use projects in these environments. 130 developers from different companies, with varying degrees of experience, in different positions responded to the survey.

### The questions

In the questionnaire, 6 questions were asked to the participants first, collecting some preliminary information about the job. Then, 6 questions, one open-ended, and the other multiple-choice were asked about developer metrics. 70 participants answered the open-ended question, all participants answered the other questions.

## THE RESULT OF THE SURVEY

### The various information about the participants

We firstly asked to participants about their experience in the software industry and their positions (role) in their firms. As a result, 97 of the participants stated that they are software developers, 23 are team leaders, 5 are project managers, and the remaining 5 people are in a position other than these (Figure 5.A). The most of participants have worked for 1-10 years. The number of participants who have more than 10 years of experienced is 25 (Figure 5.B). In the answers given about the capacity of firms, it was revealed that the majority worked in firms with more than 100 employees (Figure 5.C).

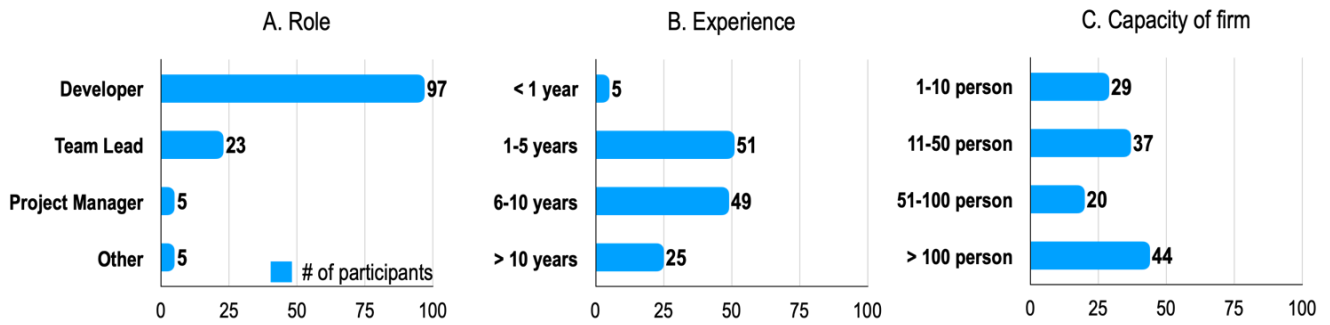


Figure 11. Some information about participants.

According to the answers of the participants to the questions asked to analyze their knowledge on OSS, it was seen that the majority of them were related to the topic (Figure 6). Half of the participants joined a OSS communities, 93% of them used OSS (122 people), and 60% of them developed OSS. It is an expected result that the community participation rate will be similar to the development and these two will be lower than the OSS usage.

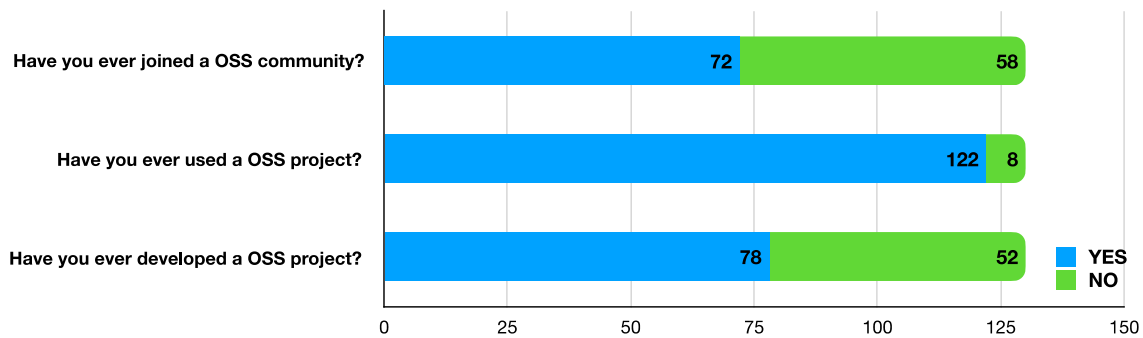


Figure 6. The knowledge level of participants about OSS

In this section, we asked the participants about the OSS platforms they used and developed in order to verify the accuracy of the answers given by the users to the questions and to see which platforms were preferred by whom. According to the answers, we saw that the GitHub platform is used the most (Figure 7). Most users have stated that they use other platforms besides GitHub. It was observed that 28 of 64 participants working in firms that have more than 50 employees prefer Gitlab alongside GitHub. This result shows that firms are turning to the Gitlab environment because of cost-related problems and in-house usage options.

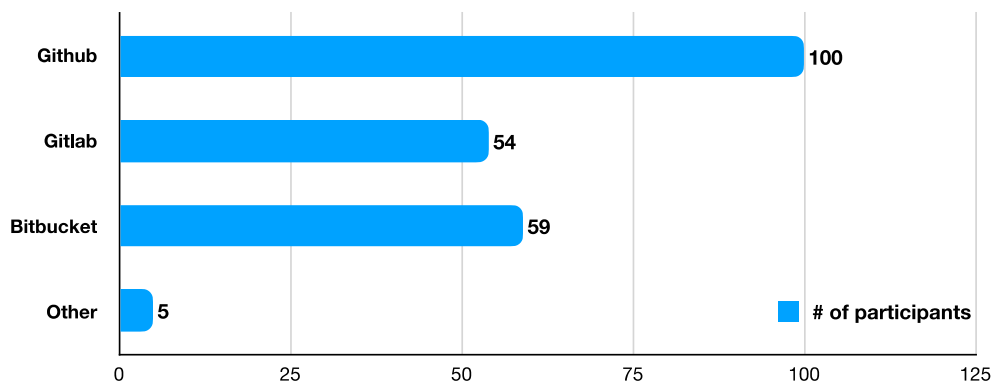


Figure 7. The preferred platforms by the participants

The examination of this section, we removed the answers of 5 participants who answer “NO” all OSS related questions and give an unrelated answer to the tool usage question. Because the target audience of the survey is developers who have knowledge about OSS, we think the right decision to removing irrelevant developers from the survey.

## Project-Developer Relationship

### Q1: What is the most important feature?

We asked the participants which of the 3 types of activities in a project is more important (Figure 8). In the two questions asked, activity importance level in terms of interest and authorized is analyzed. It is clearly seen that the authorized-project relation can be measured with pull request related activities (60%). Although the results given as an indication of their interest-project relation is more blurred, again pull request stands out. In this context, pull request can be a crucial metric to characterize developers.

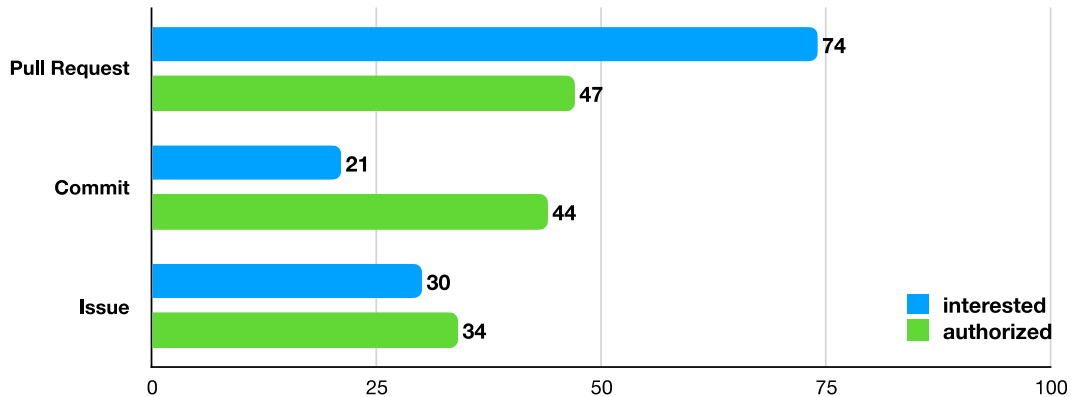


Figure 8. The most important features for participants in terms of interest and authorize

### Q2: What is the most important issue related activity?

We asked the most important activity related to *issue*, it was concluded that *closing an issue with PR* is the most important activity (Figure 9). If an issue closed with a PR, the relevant issue has a real contribution to the project. In terms of the developer-project relationship, it is an important metric how many opened issues of a developer closed with a PR (Van Der Veen et al., 2015).

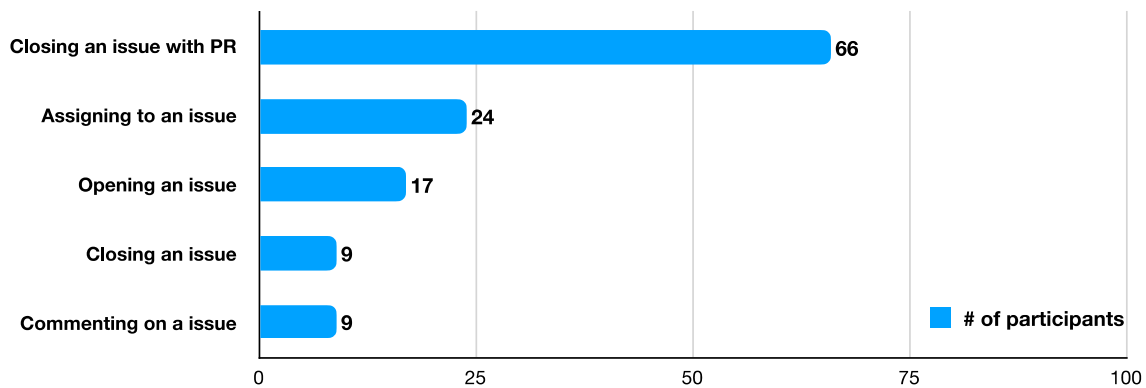


Figure 9. The importance of issue related activities

### Q3: What is the most important commit related activity?

In the first section, we extracted the usage of authoring and committing activities. Because the two activities are disorienting, we combine them single activity. Besides, we add another activity called *tagging a commit*<sup>1</sup>. The answers show that the most important activity is *committing a commit*. Moreover, *commenting on a commit* was also featured by about 30% of the participants. The rest of the developers think tagging significant.

<sup>1</sup> It means to add a PR id to commit, for example; *fix remote tests for new datasets #704*

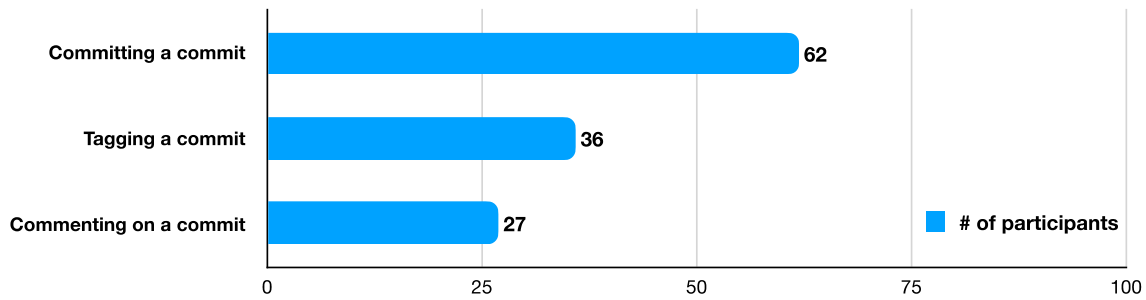


Figure 10. The importance of commit related activities

**Q5: What is the most important pull request related activity?**

According to participants, among PR related activities the most significant one is *merging a PR*. (Figure 11). In this context, this activity can be used to measure a developer's competence for the related project. The more a developer's number of merging PRs, the more he/she has the authority in the project.

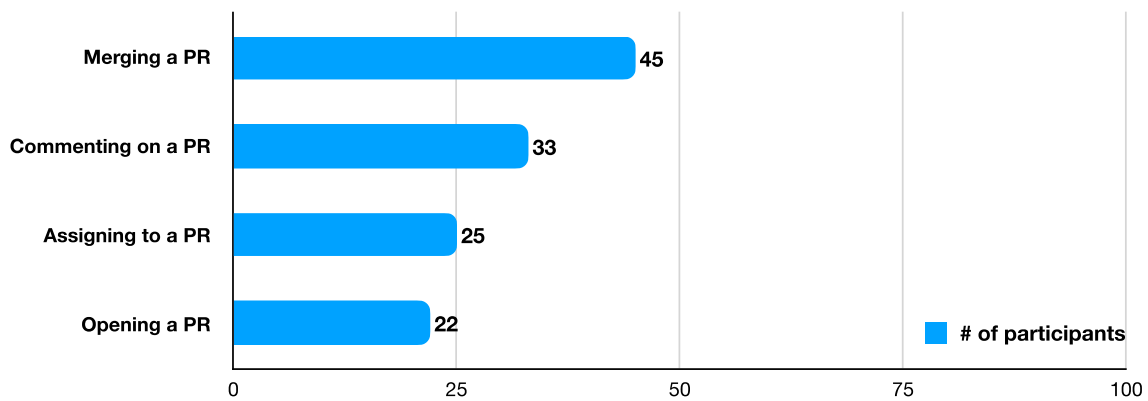


Figure 11. The importance of PR related activities

**Q6: Is commenting (discussing) as important as writing code for developers**

As the last question, we asked the developers whether commenting at various stages of the project as important as writing code. We classify the open-ended answer to 4 topics. 62% of the participants clearly stated that commenting is as important as writing code (Figure 12). The general opinion in the positive responses is that making a comment is helpful to understand a project. Besides, the bugs or missing features of the project are revealed more easily thanks to the comments (discussion). In the negative responses, generally, they stated that writing code is more critical and is done by more expert developers. So, commenting is not that important.

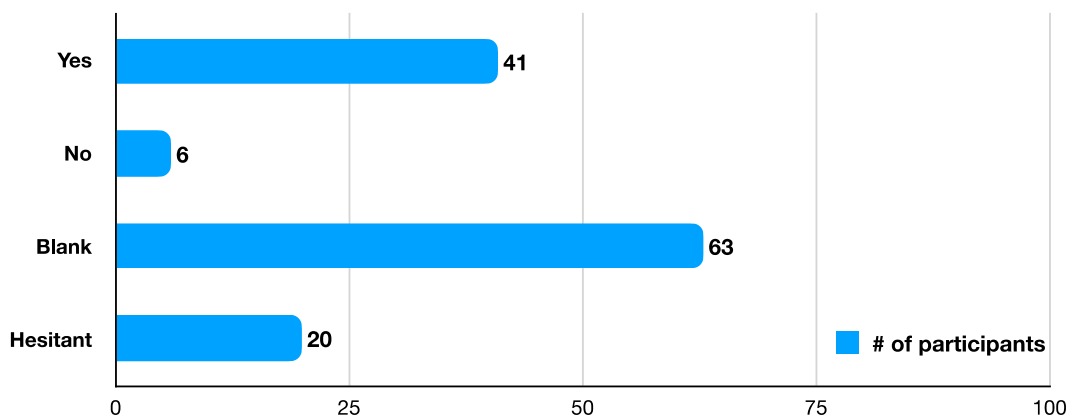


Figure 12. The importance of commenting activity

## DISCUSSION AND FUTURE WORK

The knowledge extracted from the activities related the widely used features in OSS collaboration platforms are used to solve various software engineering challenges. In this study, usage rates per developer and project of the activities related to issue, commit, and pull request features are given. According to GitHub data, it was revealed that some features and activities are used more intensely. The most used two activities are *commenting on an issue* and *committing a commit*. It is a matter of concern whether there is a direct proportion between the usage rate of activity and the amount of information extracted from it (importance of activity). In this context, a survey was conducted to measure the value of these activities in the eyes of real-world software developers. It has been observed that almost all of the participants have knowledge and experience about the collaboration platforms used for open-source distributed development. As a result of the survey, we revealed that some activities that the participants deem important, although they are rarely used in GitHub platform. In conclusion, the most important activities are as *closing an issue with PR*, *opening an issue*, *merging a PR*, *opening a PR*, and *committing a commit*.

These activities can be used to measure the real contributions of a developer in a project. Similarly, the number of activities performed in a project can be used to identify the owner of a project. We plan to obtain some developer metrics that solving a variety of software engineering challenges from these activities.

## KAYNAKLAR

- Alonso-Abad JM, López-Nozal C, Maudes-Raedo JM, Marticorena-Sánchez R 2019. Label prediction on issue tracking systems using text mining. *Prog Artif Intell*, 8:325–342.
- Gousios G 2013. The GHTorrent dataset and tool suite. In: *Proceedings of the 10th Working Conference on Mining Software Repositories*, Piscataway, NJ, USA: IEEE Press, p 233–236.
- Izquierdo JLC, Cosentino V, Rolandi B, Bergel A, Cabot J 2015. GiLA: GitHub label analyzer. In: *2015 IEEE 22nd International Conference on Software Analysis, Evolution, and Reengineering, SANER 2015 - Proceedings*,.
- Jeong G, Kim S, Zimmermann T 2009. Improving Bug Triage with Bug Tossing Graphs. In: *Proceedings of the the 7th Joint Meeting of the European Software Engineering Conference and the ACM SIGSOFT Symposium on The Foundations of Software Engineering*, New York, NY, USA: ACM, p 111–120.
- Liu C, Yang D, Zhang X, Ray B, Rahman MM 2018. Recommending GitHub Projects for Developer Onboarding. *IEEE Access*, 6:52082–52094.
- Veen E Van Der, Gousios G, Zaidman A 2015. Automatically prioritizing pull requests. In: *IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories*, IEEE Computer Society, p 357–361.
- Ying H, Chen L, Liang T, Wu J 2016. EAREC: Leveraging Expertise and Authority for Pull-Request Reviewer Recommendation in GitHub. In: *Proceedings of the 3rd International Workshop on CrowdSourcing in Software Engineering - CSI-SE '16*, New York, New York, USA: ACM Press, p 29–35.
- Yu Y, Wang H, Yin G, Wang T 2016. Reviewer recommendation for pull-requests in GitHub: What can we learn from code review and bug assignment? *Inf Softw Technol*, 74:204–218.



## Sosyal ağ akışlarında anomali olaylarının tespiti için kelime frekansı tabanlı bir yöntem

Abdulkadir Şeker<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4552-2676>), Banu Diri<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4052-0049>), Mehmet Fatih Amasyalı<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0404-5973>), Göksel Biricik<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4768-7431>),

<sup>1</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: aseker@cumhuriyet.edu.tr

### Özet

Son yıllarda, ülke gündemlerinin anlaşılmasında sosyal medya paylaşımlarının büyük bir katkısı bulunmaktadır. Ülke çapında ve yerel çapta yaşanan olaylar çok kısa bir sürede sosyal medyada gündem haline gelmektedir. Bunun yanında aslı olmayan, bir kısmını bot kullanıcıların da oluşturduğu gruplar tarafından yapay olaylar da üretilmektedir. Sıradan iletilerin dışında bu tarz olayların ortaya çıkması sosyal medya açısından anomali olarak nitelendirilebilir. Bu bağlamda anomalinin ortaya çıkarılması ile gündemde olan veya gündeme taşınmak istenen olaylar hakkında bazı çıkarımlar yapılabilir. Olayın tanımlanması, ne zaman/kimler tarafından başlatıldığı gibi çıkarımlar önemli olacaktır. Bu çalışmada Twitter platformundan 6 aylık bir veri toplama sürecinin ardından elde edilen bir tweet veri kümesi (480K) üzerinde anomali olayları bulmak amaçlanmıştır. Bulunan anomali olaylardan; olay adı, kimler tarafından hangi zaman diliminde gündemde tutulduğu gibi bilgiler çıkarılmıştır. Uygulamada, çalışma zamanının hızlanması için ElasticSearch ve python vektörleştirme özelliği kullanılmıştır. Elde edilen olaylar ile ilgili tarihlerdeki gündemler karşılaştırıldığında, bazı anomali olayların tespit edildiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Anomali tespiti, Twitter, Bot, Sosyal ağ

### A Method Based on Word Frequency for Anomaly Event Detection on Social Network Streams

#### Abstract

In recent years, social media posts have made a great contribution to understanding the agendas of countries. The events that country-wide or local scale are trend-topic on social media in a jiff. Besides, some untruth events are also generated by groups that some of them are bot users. Apart from ordinary posts, the emergence of such events can be considered as anomalies in terms of social media. In this context, with the extraction of the anomaly, some inferences can be made about the events that are on the agenda or want to be brought up to the agenda. The inferences, such as defining the event and when /who started it, will be important. In this study, it was aimed to find anomaly events on a tweet dataset (480K) obtained a six-month data collection process from the Twitter platform. We extracted some information about the anomalies such as the name of events, who was kept on the agenda in the time period, etc. In application, We used ElasticSearch and python vectorization due to has a faster running time. When we compared the agendas on related dates and the obtained events, we saw that most of the expected anomaly events were detected.

**Keywords:** Anomaly Detection, Twitter, Bot, Social network

#### INTRODUCTION

##### Social Media and Anomaly

Social media creates online communities between people with common interests, activities, backgrounds and friendships. Social networks allow users to upload profiles (text, images and video) and interact with others. Every field from education to entertainment, from commerce to communication is connected to social networks. From a commercial point of view, many companies manage their activities such as discounts and product promotions through social networks (Wen et al., 2009). Social media activities, which are an important part of our lives, contain answers to WH-questions. At the same time, it enables the emotion analysis of the people and their reactions to events and labeling posts with like/dislike tag. In this context, the social media environment contains data for academic studies covering a wide range of topics.

In addition to daily activities, posts shared on social media also include bringing up the events for the agenda<sup>2</sup>. In this context, the trend topic posts outside of ordinary posts indicate an anomaly event. The ordinary post can be roughly defined as the events, persons or concepts mentioned every day. For example, the posts contain the “*Turkey*” word mention possibly an ordinary event in Turkey. However, in Turkey, if the “*Russia*” word is seen on trend topics, it may have happened an anomaly event between Turkey and Russia. The aim of this study is to detect anomaly events and some information about them such as the time periods they stay on the agenda, the context of the posts that users who started and finished them.

Firstly, we must define the anomaly term. Anomaly is defined as the unordinary activities that show different behavior among the same concepts. However, there are some confusing terms with the anomaly. (Kaur and Singh, 2016);

- *Noisy data* is not an anomaly. For example, if a user spends more than usual at lunch, getting bigger coffee than he always gets, it cannot be considered anomaly in terms of “credit card fraud”, these may be just a few noisy data.
- The other confusing term is *novelty* (Augusteijn and Folkert, 2002). When faced with a pattern that has not been seen before, it would not be correct to describe it as an anomaly. If examples similar to the new pattern continue to appear, it is *novelty*, only otherwise it may be labeled as an anomaly.

It is crucial that detection of anomaly in social media in terms of preventing malicious activity such as bullying, terrorist attack planning and frauding.

Events that want to bring into agenda appear as anomalies in social media. The fact that issues or events that are not discussed at all on ordinary days come to the agenda at certain times indicates that there is a nationwide or local anomaly. Besides identifying these events, it is also important to know who raised them. Because some unreal events marked as anomalies are brought to the agenda by fake users called bots and cause unrequited reactions in the society.

In this study, we offer an easy and fast approach that uses the frequency of the words of the tweets to detect anomaly events. In order to rapidly processing of vocabularies, we benefit from the vectorization feature of *Python* (Mckinney, 2011) and *ElasticSearch*<sup>3</sup> tool that is used for full-text search.

## Literature Review

In social media anomaly detection, especially graph-based approaches are used. Yu et al. stated in their review study that there are two basic types of anomalies; point and group (Yu et al., 2016). In this study, studies conducted especially for group anomaly type were examined to detect anomaly events. While traditional anomaly detection methods in social media mostly focus on individual point anomalies, abnormal events usually occur in groups. Therefore, it is valuable to examine the collective behavior of individuals and to detect group anomalies. In a study, a generative approach using a hierarchical Bayesian model: Group Hidden Anomaly Detection (GLAD) model was proposed. The model was evaluated on both synthetic and real-world data sets, and it was stated that the approach was effective in discovering hidden groups and detecting group anomalies (Yu et al., 2015).

Traffic anomalies are caused by accidents, control, protests, sporting events, celebrations, disasters and other events. In a study, the problem of detecting and identifying traffic anomalies by using human mobility and crowd perception with social media has been addressed. Unlike the existing traffic anomaly detection methods, a method is proposed that determines anomalies according to the steering behavior of drivers in an urban road network. In the study, it was stated that a detected anomaly can be defined with the terms in the messages that people send on social media when the event occurs. The proposed system was tested with a GPS trajectory dataset of over 30,000 taxis in Beijing over 3 months and a dataset collected from WeiBo, a social site similar to Twitter in China (Pan et al., 2013). Real life events often have a counterpart on social media. Reverse this issue, automatically discovering events on social media is a problem being studied. In a study, if a new data belongs to a previous event or a new event; it was scored using textual, temporal, spatial features, and handled by classifying with a customized SVM algorithm (Reuter and Cimiano, 2012).

In a study to detect anomalies on Twitter, the social side of the platform was ignored, focusing only on context of the posts. In the approach called MABED, they used dynamic links (mention, hashtag, etc.) that the user

---

<sup>2</sup> It is the “trend topic” feature on Twitter.

<sup>3</sup> <https://www.elastic.co/products/elasticsearch>

placed in the text to describe the event. They stated that the approach tested with the English and French tweet dataset detected events precisely and robustly in the noisy Twitter environment (Guille and Favre, 2014). Selecting valuable information from social media provides useful information on critical situations to ensure that emergency workers understand the effects of hazards and respond to emergencies in a timely manner. One study focused on the analysis of Twitter messages generated during natural disasters and stated that they used natural language processing and data mining techniques to obtain situational awareness information from Twitter (Yin et al., 2015).

Another study investigated the impact of social networks on politics, proposing a machine learning framework that combines the topological, contextual, and crowdsourced features of information dissemination networks on Twitter to detect early stages of the viral spread of political misinformation (Ratkiewicz et al., 2011).

## MATERIAL AND METHOD

### Dataset

The dataset is created by tweets covering a 6-month period (June-November 2018) were obtained with the Twitter API. The data set includes different information such as id, tweet context, nickname and username of the user who posted, date tweeted, and favorite or retweeted status with amount, etc. The data set consists of 480K tweets in total and is stored in CSV format.

### Method

Several methods have been tried to detect anomaly events on Twitter. The aim here is to determine the issue where topics that are not seen in ordinary days come to the agenda in a certain period of time. In addition to determining this event, it is aimed to find pioneers related to the event and the time period of it. For example, in the graph in Figure 1, the 6-month frequencies of the word “*andımız*” are given. Considering the increase in frequency in the marked time period, it is seen that there is an anomaly. On the relevant dates, it has been determined that the law issue about schools has occurred<sup>4</sup>.

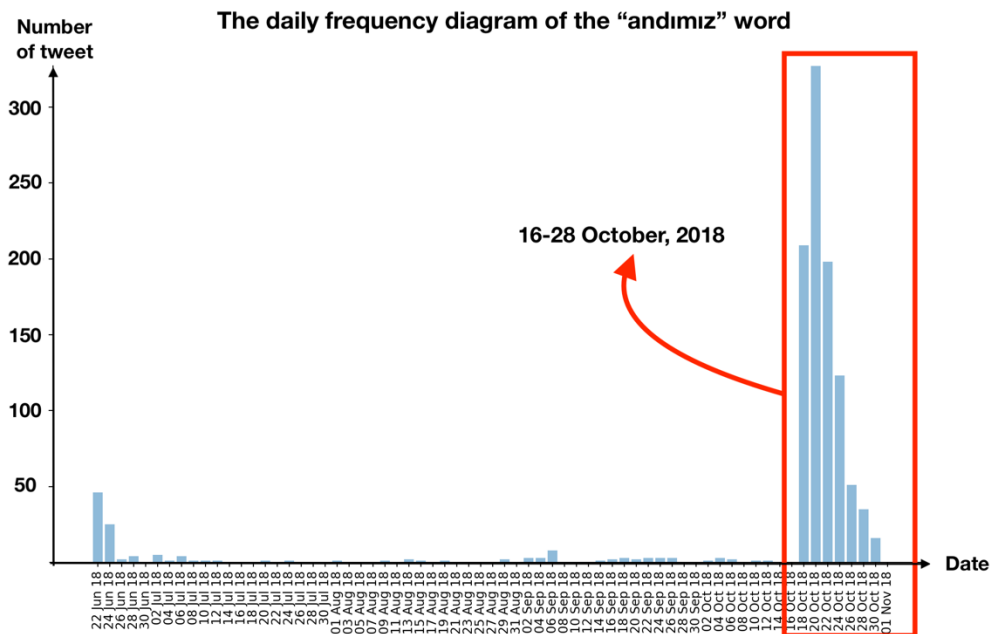


Figure 12. The daily frequency diagram of a word that indicates a possible anomaly event.

Firstly, we determined the threshold value as the mean of the number of daily words, but it didn't work. After that, we determined the daily threshold manually. We fine-tuning this parameter until we catch some known anomalies. We determine the “*daily threshold*” value as **10**. In order to detect anomalies, we use the frequency of words in a certain time interval. In this study, based on days, we create a word-frequency tuple of each day for the words that its frequency higher than the threshold value.

In order to determine that a word indicates any anomaly event, it is expected that that word will be in agenda *continuously* on the relevant days. For example, if the word X from the list of day A is also in the following 5

<sup>4</sup> Council of State made a decision regarding the of our oath in schools.

days, X is an anomaly. The other parameter that should be determined is how many days an event should remain on the agenda in order to be evaluated as anomaly. In our study, we determine this parameter called “agenda days” as 3. It means the anomalies we detected continue at least 3 days.

Considering the size of the data set in this study, processing the words belongs to each day's posts one by one requires quite a long running time. In this context, we used in the application the vectorization feature of *Python* language and *ElasticSearch* that is effectively used in full text search. We vectorized with *pandas* library of *python* the data stored in *JSON*, than filtered some pre-processes. For search operations, we indexed the tweets with *ElasticSearch* library and completed the process of frequency calculations quickly.

### The developed Application

The developed application aims to detect anomaly in short running time based on word frequency. The workflow diagram is given below (Figure 2).

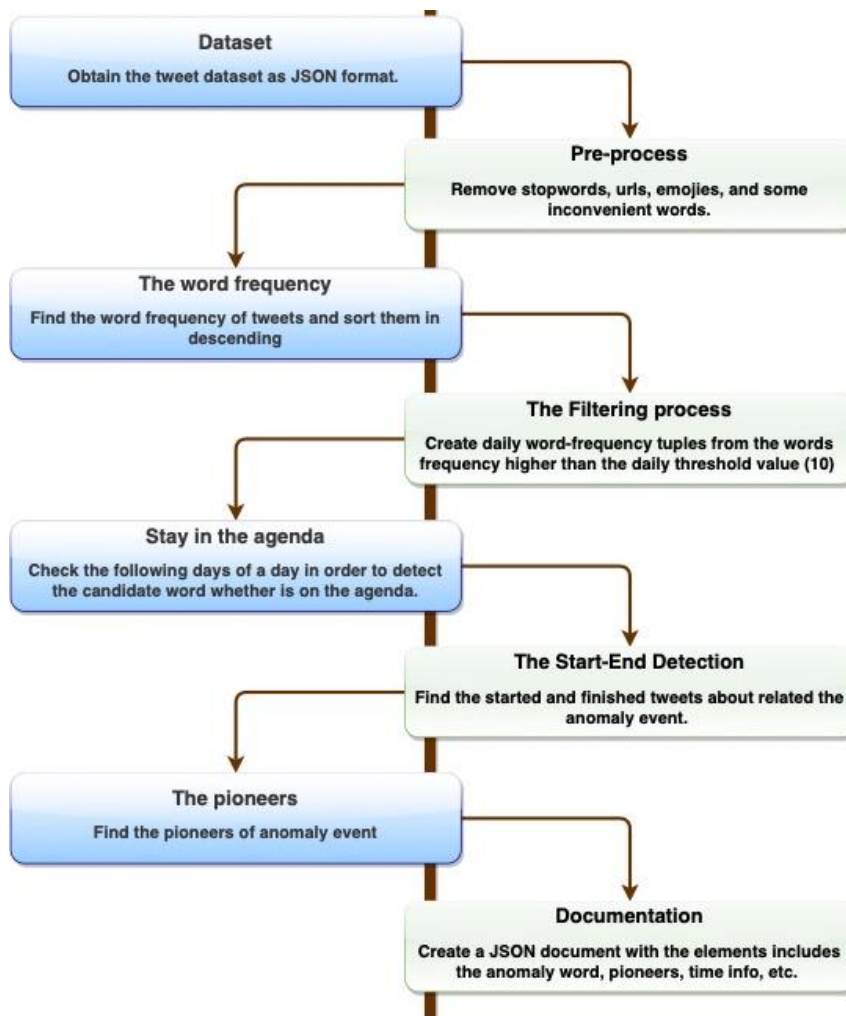


Figure 13. The flowchart of the application

We apply pre-processing to dataset;

- Converting data from CSV to JSON format in order to more standard and easier to process form.
- Removing from the context of all tweet;
  - o Stopwords,
  - o All other characters except letters, digits, mention (@) and hashtag characters (#).
  - o All words with less than three letters
  - o Emojis, url links.
- Setting the tweet's time zone to Turkey time zone (GMT+3).

After these pre-processes, the words belonging to anomaly events were determined by applying the procedure described in the previous section. We created an output via JSON format that includes context of the first and last tweets, time and pioneers. An example output is given in Figure 3.

```
{
  "event": "mhp",
  "tweetDateStart": "2018-06-26 03:45:14",
  "tweetDateEnd": "2018-07-03 06:24:38",
  "userNameStart": "Kaan",
  "screenNameStart": "kaandgu",
  "userNameEnd": "Kaan",
  "screenNameEnd": "kaandgu",
  "tweetStart": "Bir kere mhp ...",
  "tweetEnd": "@06melihgokcek Niye anket ..."
},
```

Figure 14. An example output.

In our application, we extracted the anomaly events that continue at least 3 days and seen daily at least 10 times. As a result, we detected some anomalies such as “*mhp, adalet, abd, dolar, @vekilince, kılıçdaroğlu, emniyet, @pervinbuldan, etc.*”

In the outputs, we saw that some words are repeated several times. This situation shows that there are individual events at different times belonging to the related word. For example, the word “abd” seen as an anomaly several times. When we checked the related dates, we saw that political issues occurred between Turkey and USA in one of them. In another anomaly, there is some news about the dollar currency fluctuations.

We extracted the word-based anomalies in the study. We observed that there was a partial failure in finding the started / finished tweets about an event. We noticed that the pioneers of the events are the same in the results obtained from very unrelated events. When we analyze the events and the tweets, we realized that some users add all the topics on the agenda of that day as hashtags in a single tweet. We think that they are bot accounts who try to change the agenda. As is seen in Figure 4, in a tweet includes many different hashtags such as “*muharemince, akparti, iyiparti, chp, fatihportakal*”. We marked the first word as an anomaly in our application.

```
{
  "event": "#muharremince",
  "tweetDateStart": "2018-06-26 03:17:57",
  "tweetDateEnd": "2018-06-29 05:27:52",
  "userNameStart": "murat levent",
  "screenNameStart": "muratlevent14",
  "userNameEnd": "murat levent",
  "screenNameEnd": "muratlevent14",
  "tweetStart": "#AkParti #iyiparti #CHP #HDP #muharremince",
  "tweetEnd": "#FatihPortakal'dan #KemalKılıçdaroğlu'na:\n'K",
},
```

Figure 15. More than one anomaly candidate in single tweet

## Results and Future Works

In this study, we aimed to find anomaly events on a social media platform. As the most suitable platform, we determined to Twitter which has millions of users and billions of daily posts. We detected anomalies with a fast and easy approach that based on word frequency. In order to verify the outputs, we check the news on the relevant dates. Since the events on the dates related to the outputs mostly overlap, the study can be considered successful. However, it is also a fact that we missed some expected anomaly events. In this context, the study will continue with new methods and different data sets.

In this study, we offered the first implementation results of an ongoing project. We detected only single word-based anomalies. Besides, we observed that there were some mistakes in finding the pioneers of an event. In future studies, we planned to choose the most retweeted or liked tweets instead of the first-last one to find pioneers. As future work, we plan to add phrases consisting of 2-3 words to the application. Moreover, we

think that it is more logical to merging some words that semantically similar meanings into a single anomaly event. To find semantic similarity, we plan to use the word2vec algorithm.

## REFERENCES

- Augusteijn MF, Folkert BA 2002. Neural network classification and novelty detection. *Int J Remote Sens*, 23:2891–2902.
- Guille A, Favre C 2014. Mention-anomaly-based Event Detection and tracking in Twitter. In: *ASONAM 2014 - Proceedings of the 2014 IEEE/ACM International Conference on Advances in Social Networks Analysis and Mining*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., p 375–382.
- Kaur R, Singh S 2016. A survey of data mining and social network analysis based anomaly detection techniques. *Egypt Informatics J*, 17:199–216.
- Mckinney W 2011. *pandas: a Foundational Python Library for Data Analysis and Statistics*. *Python High Perform Sci Comput*, 14.
- Pan B, Zheng Y, Wilkie D, Shahabi C 2013. Crowd sensing of traffic anomalies based on human mobility and social media. In: *GIS: Proceedings of the ACM International Symposium on Advances in Geographic Information Systems*, New York, New York, USA: ACM Press, p 334–343.
- Ratkiewicz J, Conover MD, Meiss M, Gonçalves B, Flammini A, Menczer F 2011. Detecting and Tracking Political Abuse in Social Media. In: *Proceedings of the Fifth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, p 297–304.
- Reuter T, Cimiano P 2012. Event-based classification of social media streams. In: *Proceedings of the 2nd ACM International Conference on Multimedia Retrieval, ICMR 2012*, New York, New York, USA: ACM Press, p 1.
- Wen C, Tan BC, Chang KT-T 2009. Advertising Effectiveness on Social Network Sites: An Investigation of Tie Strength, Endorser Expertise and Product Type on Consumer Purchase Intention. In: *International Conference on Information Systems*, Arizona, p 151.
- Yin J, Lampert A, Cameron M, Robinson B, Power R 2015. Using Social Media to Enhance Emergency Situation Awareness. In: *Twenty-Fourth International Joint Conference on Artificial Intelligence*,.
- Yu R, He X, Liu Y 2015. GLAD: Group Anomaly Detection in Social Media Analysis. *ACM Trans Knowl Discov Data*, 10:1–22.
- Yu R, Qiu H, Wen Z, Lin C-Y, Liu Y 2016. A Survey on Social Media Anomaly Detection. *arXiv e-prints*,.

## Asansörlerde kullanılan emniyet ekipmanlarının yerine makine emniyet ekipmanlarının kullanılması: İSO Standartları

Rüştü Uçan (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2389-8231>), Sabit Burak Cebeci (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8523-1507>), Müge Ensari Özay\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4785-5503>)

Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: muge.ensariozay@uskudar.edu.tr

### Özet

Hayatın pek çok alanında asansörler kullanılmaktadır. Asansör kelimesi genellikle insanları veya malzemeleri bir yapıdaki katlar arasında taşıyan dikey bir taşıma aracını, tarımda ve imalatta ise bir konveyör anlamında kullanılır. Yolcu asansörlerinde elektrikli emniyet ekipmanlarının sebep olduğu pek çok kaza gerçekleşmektedir. Bu araştırmanın amacı yolcu asansörlerinde, kullanılan ve elektrikle çalışan emniyet ekipmanlarının yerine yüksek güvenilirlik içeren makine emniyet ekipmanlarının kullanılmasının asansörleri çok daha güvenli hale getirebileceği göstermektir. Bu çalışmada yolcu asansörleri için TS EN ISO 14798:2013 “Asansörler, yürüyen merdivenler ve yürüyen bantlar - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması” standardı ve TS EN ISO 12100:2010 “Makinalarda güvenlik - Tasarım için genel prensipler - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması” standartları incelenerek aradaki uyumsuzluk ve yetersizlikleri belirlenmiştir. Aynı zamanda asansörlerde kullanılan elektrikle çalışan klasik emniyet ekipmanlarının yerine yüksek güvenilirlik içeren makine emniyet ekipmanlarının kullanımının önemi saha gözlemi çalışmaları ile analiz edilmiştir. Saha gözetimi için belirlenen asansörde risk analizi ilgili standartlara göre 31 madde olarak belirlenmiş ve bu maddelerin altında çok riskli bulunan 8 alt madde analiz edilmiştir. Yolcu asansöründe fonksiyonel güvenlik anlamında elektrikli ekipmanların araştırılması yapılırken TS EN ISO 13849-1 standardı göz önünde bulundurulmuştur. Sonuç olarak, özellikle SIL güvenilirlik derecesi olan makine emniyet cihazlarına uygun fonksiyonel sistem tasarımlarının yapılmasının gerekliliği görülmüştür. Her ne kadar güvenilirlik derecesi ve fonksiyonel emniyet tasarımda yer aldığında proje maliyetlerini artırsa da ölümlü asansör kazaları göz önüne alındığında tüm asansör sistemlerinde fonksiyonel emniyet tasarım çalışmaları yapılması tavsiye edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Asansör, Makine Ekipmanları, Fonksiyonel, Güvenilirlik, Risk Değerlendirme, ISO Standartları

### Use of Machine Safety Equipment Instead of Safety Equipment Used in Elevators: ISO Standards

### Abstract

Elevators are used in many areas by humanity. The word elevator is generally used to mean a vertical transport vehicle that carries people or materials between floors in a building, and a conveyor in agriculture and manufacturing. Many accidents occur in passenger elevators caused by electrical safety equipment. The aim of this study is to demonstrate/show that using high reliability machine safety equipment instead of electrically-operated/powered safety equipment used in passenger elevators can make elevators much safer. In this study, the disagreements and inadequacies were determined for passenger elevators by examining the standards of TS EN ISO 14798:2013 “Lifts (Elevators), escalators and moving walks-Risk assessment and risk reduction” and TS EN ISO 12100:2010 “Safety of machinery- General principles for design-Risk assessment and risk reduction”. At the same time, the importance of using high-reliability machine safety equipment instead of electrically powered conventional safety equipment used in elevators was analyzed through field observation studies. In the elevator designated for field observation, 31 items were determined according to the relevant standards in risk analysis and 8 sub-items were analyzed under these items. While investigating electrical equipment in terms of functional safety in passenger elevators, TS EN ISO 13849-1 standard has been taken into consideration. As a result, it has been observed that functional system designs need to be made especially suitable for machine safety devices with SIL reliability degree. Considering fatal elevator accidents, it is recommended to carry out functional safety design studies in all elevator systems, although the degree of reliability and functional safety increase the project costs when included in the design.

**Keywords:** Elevator, Machine Equipment, Functional, Reliability, Risk Assessment, ISO Standards

## GİRİŞ

T.C Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 30737 sayılı, 6 Nisan 2019 tarihli resmi gazetede yayınlanan Asansör İşletme ve Bakım Yönetmeliği 'ne göre asansör tanımı belirli seviyelere hizmet veren, esnek olmayan ve yatayla 15 dereceden fazla açı yapan kılavuzlar boyunca hareket eden bir taşıyıcısı olan kaldırma tertibatını veya sabit bir seyir yolu üzerinde esnek olmayan kılavuzlar üzerinde olmasa da hareket eden kaldırma tertibatını ifade etmektedir (Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2019). Uluslararası anlamda "Asansör" kelimesi genellikle insanları veya malzemeleri bir yapıdaki katlar arasında taşıyan dikey bir taşıma aracını, tarımda ve imalatta ise bir konveyör anlamında kullanılır. Asansörler istatistiksel olarak seyahat etmenin en güvenli yoludur. İlginç bir gerçek; bir grup olarak, dünyada kullanılan tüm asansörler; dünya nüfusunun eşdeğerini üç gün içinde taşırlar. Dünyamızı ve hayatlarımızı şekillendirmede önemli bir rol oynamaktadırlar (Avire Global, 2019).

Asansör kabininin tam olarak ne olduğuna değinecek olursak; asansör sistemi içinde kabin yolcu veya yüklerin taşındığı bölüme verilen isimdir. Yük veya şahıs asansörlerinde kabin farklı tiplerde kullanım amaçlarına uygun fonksiyonlarla donatılmaktadırlar. Yük asansörlerinde taşınan yük çeşitlerine göre dayanıklı asansör kabin çeşitleri kullanılmalıdır. Şahıs asansörlerinde durum biraz daha farklıdır. Şahıs asansörlerinde kullanılan kabinler dayanıklı, kaliteli olmasının yanında genellikle görsellik ön planda tutulur. Asansör kabini duvarlar bölümü genelde satine paslanmaz çelikten, tavan bölümü isteğe göre lazer kesim alüminyum, paslanmaz, galvanize malzemelerinden tercih edilir. Asansör kabininde zemin bölümünde granit, mermer, pvc, seramik kullanılır. Kabinde yolcuların tutunmalarını sağlayan küpeşterler bulunmaktadır. Asansör kabini içerisinde kullanılan kabin buton yerleri (Kabin Kasetleri) yolcuların istedikleri kata ulaşmalarını sağlayan en önemli unsurdur.

Bir asansör koridordaki iniş ile aynı seviyeye gelmediğinde, asansör kabinine giren veya çıkan yolcular için bir açma tehlikesi oluşturur. 2009-2015 yılları arasında Technical Safety BC tarafından rapor edilen ve araştırılan 38 seviyelendirme olayı olduğundan bahsetmektedir. Bu seviyelendirme olayları, asansörleri içeren tüm olayların yaklaşık %23'ünü oluşturduğunu ve kesik ve sıyrıklardan kırık kemiklere kadar değişen 36 yaralanma ile sonuçlandığı belirlenmiştir. Seviyelendirme olaylarının neredeyse %95'i bir yaralanma ile sonuçlanmıştır, bu da seviyelendirme olaylarının sadece bir yaralanma meydana geldiğinde rapor edildiğini göstermektedir. Olaylar yalnızca bir yaralanma meydana geldiğinde bildirildiğinden, Technical Safety BC' ye rapor edilmeyen inişlerle dengelenmeyen asansör sayısının çok daha fazla olduğuna inanılmaktadır. Seviyelendirme olaylarının çoğunluğu (%69), tasarımı seviyelendirme yaparken bir dereceye kadar yanlışlığa izin veren elektrikli asansörler ile meydana geldiği bildirilmiştir (Technical Safety BC, 2015).

Asansörler, tahrik sistemlerinin tasarımına bağlı olarak iki kategoriden birine girebilir: elektrikli veya hidrolik. Elektrikli tahrik sistemleri, bir elektrik motoruna bağlı bir tekerleğin üzerinden geçen bir halat ve karşı ağırlık sistemi kullanır.

Asansör bir zemine çağrıldığında, kapılar tamamen açık olduğunda aracın platformunun salona inişten belirli bir mesafede durması gerekir. Bir dizi bileşen arızası veya tasarım sınırlaması nedeniyle, asansörler kabul edilen açıklığın dışında düzleşebilir. Kabin zemini salon inişiyle aynı seviyeye getirilemediğinde, kabine binen insanlar için takılma ve düşme tehlikesi ortaya çıkar.

Her asansör tipinde, asansör kabininin kabul edilen aralığın dışına seviyelendirme edilmesine yol açabilecek birkaç küçük parça arızası olabilir. Elektrik motorlu eski asansörlerde, durma hassasiyeti koşullardaki değişikliklere göre değişebilir. Bu değişen koşullardan bazıları, araç yükünün ağırlığını, duraklar arasında gidilen mesafeyi, asansörün gittiği sırayı ve frenlerin durumunu ve sıcaklığını içerir. Technical Safety BC, asansör kabin zemininin iniş ile aynı seviyede olmadığı olayları düzenli olarak gözlemlemiştir. (Technical Safety BC, 2015)

Emniyet Bütünlük Derecesi (SIL), hidrokarbon rafine etme veya üretim gibi tehlikeli faaliyetleri korumak için kullanılan emniyet sistemlerinin güvenilirliği ve performansına uygulanan hedeflerdir. Sistemin talep durumunda arıza yapma ihtimaline göre 4 adet SIL derecesi vardır. Algılanan ilişkili risk ne kadar yüksekse, güvenlik sistemi için gereken performans da o kadar yüksektir ve bu nedenle SIL derecelendirmesi sayısı da artar. SIL seviyesi yükseldikçe sistemin arıza yapma olasılığı azalır ve sistem performansı yükselir. Bununla beraber SIL seviyesinin yükselmesiyle sistemin maliyeti ve bakım masrafları artar ayrıca sistem daha karmaşık bir yapıda olur.



SIL sertifikası sistemin bütünüyle ilgili bir güvenlik seviyesidir. Sistemdeki herhangi bir elemanın ya da bileşenin SIL seviyesi olmaz. Sistemdeki ekipmanlar SIL sertifikasına sahip bir sistemde kullanılmaya uygun ya da uygun değil şeklinde sınıflandırılmalıdır. Ayrıca sadece sistemde kullanılan elemanların ya da bileşenlerin SIL seviyesine uygun olması sistemi SIL seviyesine uygun yapmaz. Bir sistemin herhangi bir SIL seviyesine uygun olabilmesi için sistemin bütününe incelenmesi gereklidir.

“Fonksiyonel Emniyet” terimi bir sistemdeki tüm SIF fonksiyonlarını başarılı bir şekilde gerçekleşmesi ve bunun sonucunda işlem sırasında oluşan riskin kabul edilebilir bir düzeye inmesi durumunu ifade eder. Bir makina da genel risk azaltma stratejisinin bir parçası olarak bir tasarımcı, risk azaltmanın bazı tedbirlerini gerçekleştirmek için genellikle bir veya daha fazla güvenlik fonksiyonunda kullanılan mahfazaları seçer.

Öngörülebilir şartlar altında bir güvenlik fonksiyonunu gerçekleştirmek hususunda kumanda sistemlerinin güvenlikle ilgili parçalarının performansı, performans seviyeleri (PL) adı verilen beş seviyeden biriyle değerlendirilmektedir. Bu performans seviyeleri, saat başına tehlikeli arıza ihtimali şeklinde tanımlanmıştır. Güvenlik fonksiyonunun tehlikeli arıza olma ihtimali; donanım ve yazılım yapısı, hata tespit mekanizmalarının kapsamı, bileşenlerin güvenilirliği tehlikeli arıza için ortalama süre, ortak nedenli arıza, tasarım süreci, çalışma dayanımı, çevre şartları ve işletim prosedürleri dâhil olmak üzere birçok faktöre bağlıdır.

Bu çalışmada yolcu asansörleri için TS EN ISO 14798:2013 ve TS EN ISO 12100:2010 standartları incelenerek aradaki uyumsuzluk ve yetersizlikleri belirlenmiş ve asansörlerde kullanılan elektrikle çalışan klasik emniyet ekipmanlarının yerine yüksek güvenilirlik içeren makine emniyet ekipmanlarının kullanımının önemi saha gözlemi çalışmaları ile analiz edilmiştir.

## MATERYAL VE METOD

Araştırmada gözlemsel olarak tanımlayıcı vaka üzerinden gidilmiş, analitik olarak vaka kontrolü yapılmış ve TS EN ISO 14798:2013 ve EN ISO 12100: 2010 standartları içeriğine uygun risk değerlendirmesi çalışması yapılmıştır. Asansörlerde emniyet ekipmanlarının fonksiyonel güvenilirlikleri ve ilgili ekipman seçiminin nasıl yapılacağı aynı zamanda ekipman seçiminin öneminden bahsedilmiş, sahada bir yolcu asansörü ile ilgili saha gözlemi yapılmıştır. Saha gözlemi için Gebze, Kocaeli, Türkiye adresinde bulunan temel bir yolcu asansörü baz alınmıştır. Risk analizleri ayrı ayrı değerlendirilmek üzere TS EN ISO 14798:2013 ve EN ISO 12100 standartlarına göre yapılan 31 madde incelemesi ve bu maddelerin alt maddeleri olarak 8 alt madde içermektedir. Yolcu asansöründe fonksiyonel güvenlik anlamında elektrikli ekipmanların araştırılması yapılırken TS EN ISO 13849-1 standardı göz önünde bulundurulmuştur.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Yapılan yolcu asansörü saha gözlemi sonucu, seçilen yolcu asansöründe bulunan uygunsuzluklar saptanmış TS EN ISO 12100 ve TS EN ISO 14798:2013 standartlarına göre ilgili standartları değerlendirmek üzere örnek risk analiz kısmını göz önünde bulunduracak şekilde çalışma yapılmıştır. Tablo 1’de klasik yöntem olarak ISO 12100: 2010 standardına göre yolcu asansörü için 31 adet tehlike belirlenerek tehlike tanımlaması ve risk değerlendirmesi yapılmıştır.

**Tablo 1.** Klasik Yöntem ISO 12100: 2010 Risk Tahmini ve Risk Değerlendirmesi Tehlike Tanımlaması

Klasik Yöntem ISO 12100: 2010 Risk Tahmini ve Risk Değerlendirmesi Tehlike Tanımlaması						
<b>Makine</b>	Yolcu Asansörü			<b>Araştırmacı</b>	Sabit Burak CEBECİ	
<b>Kaynaklar</b>	Kullanım			<b>Güncel Versiyonu</b>	Revizyon: 0	
<b>Kapsam</b>	Kullanım aşaması: Kullanım ve Bakım			<b>Tarih</b>	01.01.2019	
<b>Yöntem</b>	Risk Grafiği			<b>Sayfa</b>	9	
<b>Ref. No.</b>	<b>Yaşam Döngüsü</b>	<b>Görev</b>	<b>Kaza Senaryosu</b>			
			<b>Tehlike Bölgesi</b>	<b>Tehlike</b>	<b>Tehlikeli Durum</b>	<b>Tehlikeli Olay</b>

1.1	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Kinetik Enerji	Yüksek kütleli, yüksek hızda kapanan kapı yüksek kinetik enerjiye sahip olur. Yaşlı kişi kabine girer veya çıkar.	Kişi kapı eşiğindeyken kapı kapanır.
1.2	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Kinetik Enerji	Yüksek kütleli, yüksek hızda kapanan kapı yüksek kinetik enerjiye sahip olur. Yaşlı kişi kabine girer veya çıkar.	Kişi kapı eşiğindeyken kapı kapanır.
2	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik- İletken Yüzey	Asansör kabininin elektrik yalıtkanlık seviyesi yetersizdir. Yolcular kabinde metal tutma barına temas etmektedir.	Asansör sisteminde bir kablo hasarı sebebiyle kabin elektrik yalıtım hasarı oluşur, kaçak akım rölesi çalışmamıştır.
3.1	Kullanım Aşaması : Bakım	Asansör kabininin bakımı	Yolcu Asansörü Kabini	Bakım- Takip	Bakım defterinin olmaması sebebiyle asansör sistemi bakım zamanları takip edilemez.	Ölüm gerçekleşir. -Bakım defterinin olmaması bakım ve kontrol takibini engeller. -Bakım zamanında yapılamaz. -Zamanında yapılmayan bakım ile kabin hareket halatında olan inceleme yapılmadığından halat kopar -Emniyet fonksiyonları işlemez. -Kabin düşer -Kabin içindeki yolcular ölür
3.2	Kullanım Aşaması : Bakım	Asansör kabininin bakımı	Yolcu Asansörü Kabini	Bakım- Takip	Bakım defterinin olmaması sebebiyle asansör sistemi bakım zamanları takip edilemez.	Ölüm gerçekleşir. -Bakım defterinin olmaması bakım ve kontrol takibini engeller. -Bakım zamanında yapılamaz. -Zamanında yapılmayan bakım ile kabin hareket halatında olan inceleme yapılmadığından halat kopar -Emniyet fonksiyonları işlemez. -Kabin düşer -Kabin içindeki yolcular ölür
4.1	Kullanım Aşaması : Bakım	Asansör kabininin bakımı	Yolcu Asansörü Kabini	Bakım- Bakım yapan firma	Bakım -onarım firması teknik yetersizliği	Yetersiz bakım-onarım firması tarafından eksik bakım-onarım yapılır.
4.2	Kullanım Aşaması : Bakım	Asansör kabininin bakımı	Yolcu Asansörü Kabini	Bakım- Bakım yapan firma	Bakım -onarım firması teknik yetersizliği	Yetersiz bakım-onarım firması tarafından eksik bakım-onarım yapılır.
5	Kullanım Aşaması : Montaj	Asansör kabininin Montajı	Yolcu Asansörü Kabini	Montaj- Montajı yapan firma	Montajı yapan firma teknik yetersizliği	Yetersiz montaj firması tarafından uygunsuz montaj yapılır ve yasal

						evrakları tamamlanmadan kullanılmaya başlanır.
6.1	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik-Emniyet Sistemi	Aşırı yük sensörü çalışmamaktadır.	Kabin içi taşınacak toplam ağırlık aşılır ve ağırlık sensörü aşırı yükü algılamaz, fonksiyonunu yerine getiremez.
6.2	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik-Emniyet Sistemi	Aşırı yük sensörü çalışmamaktadır.	Kabin içi taşınacak toplam ağırlık aşılır ve ağırlık sensörü aşırı yükü algılamaz, fonksiyonunu yerine getiremez.
6.3	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik-Emniyet Sistemi	Yük sensörü çalışmamaktadır	Kabin içi taşınacak toplam ağırlık aşılır ve ağırlık sensörü aşırı yükü algılamaz.
7	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik-Emniyet Sistemi	Kabin içindeki yolcularla hareket etmektedir. Kabini durduracak bir fonksiyon yoktur/aktif değildir/arızalıdır.	Kabindeki kişi kalp krizi geçirir, acil stop butonu yoktur/çalışmaz.
8	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Ergonomik ilkelerin ihmali	Kabin kapısı katta durduğunda kapı açılmaz.	Kişi paniğe kapılıp kapıyı zorlayarak açmaya çalışır ve kapı birden açılır.
9	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik	Kişiler kabin ile hareket ederken asansör arıza verir, kabin ara katta kalır	Kişi paniğe kapılıp kapıyı zorlayarak açmaya çalışır. Açtıktan sonra ara kattayken yarım boşluktan geçmeye çalışır
10	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Ergonomik ilkelerin ihmali - Psikoloji	Kişiler kabin ile hareket ederken asansör arıza verir, kabin olduğu yerde kalır.	Panikleyen yolcular ne yapacaklarını bilemediklerinden stresleriyle birbirine zarar verebilir.
11	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik-Aydınlatma	Karanlık asansör boşluğu düşmeye sebebiyet verebilir. Kişi asansör kabin kapısını çıkış kapısı sanar.	Asansör boşluğu karanlık olduğu için kişi boşluğu algılayamayıp yüksekten düşmeye maruz kalır.
12	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik	Bakım/Onarım için gelen yetkili kabin üstünde çalışma yapacaktır	İşini yaparken dengesini kaybeder, kabin üstü korkulukları olmadığı için yüksekten düşer
13	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik-Aydınlatma	Kabinde yolcular yolculuk yaparken kabin aydınlatma lambası çalışmaz	Kabinde karanlıkta kalan yolcu stres yapar. Panik atak gerçekleşir.
14	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik-Aydınlatma	Kabinde yolcular yolculuk yaparken kabin aydınlatma lambası çalışmaz.	Kabinde karanlıkta kalan yolcu stres yapar. Panik atak gerçekleşir.

15	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik- Aydınlatma	Kabinde yolcular yolculuk yaparken asansör sistemi enerjisiz kalır .	Kabinde karanlıkta kalan yolcu stres yapar. Panik atak gerçekleşir.
16.1	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Havalandırma	Kabinde yolcular yolculuk yaparken asansör sistemi enerjisiz kalır . Havalandırma sistemi çalışmaz.	Oksijen seviyesi düşen kabinde yolcu stres yapar. Panik atak gerçekleşir
16.2	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Havalandırma	Kabinde yolcular yolculuk yaparken havalandırma sistemi çalışmaz.	Oksijen seviyesi düşen kabinde yolcu stres yapar. Panik atak gerçekleşir
17.1	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Koruma	Asansör sistemi bakımına gelen kişi, sabit koruması olmayan asansör kasnağının olduğu asansör makine dairesine girer.	Bakıma gelen kişi kasnağı gözetmek için elini uzattığında kasnak ve halat arasına eli sıkışır.
17.2	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Koruma	Asansör sistemi bakımına gelen kişi, sabit koruması olmayan asansör kasnağının olduğu asansör makine dairesine girer.	Bakıma gelen kişi kasnağı gözetmek için elini uzattığında kasnak ve halat arasına eli sıkışır.
18.1	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Koruma	Asansör sistemi bakımına gelen yetkili kişi, sabit koruması olmayan asansör kasnağının olduğu kabin üstüne çıkar.	Bakıma gelen kişi kasnağı gözetmek için elini uzattığında kasnak ve halat arasına eli sıkışır.
18.2	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik- Koruma	Asansör sistemi bakımına gelen yetkili kişi, sabit koruması olmayan asansör kasnağının olduğu kabin üstüne çıkar.	Bakıma gelen kişi kasnağı gözetmek için elini uzattığında kasnak ve halat arasına eli sıkışır.
19	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik – Hareket Algılama Sistemleri	Yolcu asansör kabinine girer ve kat butonuna basar. Arkadan tasma ipli evcil hayvanı gelir.	Evcil hayvan kabinine binmeden kabin kapıları kapanıp , kabin hareket eder. Tasma ipi kapıya kısıli kalır.
20	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik – Veri İletim Sistemleri	Kabin durduğunda kapı açılmaz, yolculardan biri fenalık geçirir.	Bas konuş/Kabin telefonu ile yetkiliye haber verilmeye çalışılır.
21	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik	Kişi kabinle hareket eder. Asansör sistemi eski teknolojidir.	Kişi bir an unutup elini kabin çıkışına götürür.
22	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Ergonomik	Asansör kabinindeki yolcular kabinle hareket etmektedir. Kabinde asansörde uyulması gereken kurallara/asansör kullanımına ait talimat bulunmamaktadır.	Asansör kuyusu ara katında kalan kabinin kapısı ne yapacağını bilmeyen yolcular tarafından açılır ve kapının yarı hizada olmasına rağmen yolcular kapı boşluğundan birer birer geçer. Yolcular kısmi boşluktan geçmeye çalışırken , asansör devreye girip tekrar hareket etmeye başlar.

23	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik	Asansör motorlarında depolanan enerjinin serbest bırakılması sonucu makinelerin kontrolsüz hareket edebilir. Kişi kabinde yolculuk etmektedir.	Kişi kabine bindikten sonra kabin aniden sarsılarak kalkar ve kişi dengesini kaybederek yere düşer.
24	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Mekanik	Yetersiz havalandırmaya sahip asansör kabini sık kullanılmaktadır.	Yoğun kullanılan asansör kabinine hasta kişiler girip çıkmaktadır. Asansör havalandırması çalışmamaktadır. Kabinde mikrobiyal bakteriler üremektedir.
25	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Ergonomik	Bakıma/Onarıma gelen kişi için makine odasında yedek Kişisel Koruyucu Donanım bulunmamaktadır .	Kabin üstünde Bakım/Onarım yapan kişinin uygun eldiven sayısı yetersiz kalmıştır. Kişi eldivenle çalışmaktan vazgeçer.
26	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Ergonomik	Apartmanın içinde çocuklar oyun oynamaktadır. Asansör makine odasının kapısı açıktır.	Apartmanda oynayan çocuklar, asansör odasına saklanmak için girerler. Çocuklardan biri hareketli kasağı görünce merak edip incelemeye vaşlar ve koruması olmayan kasnak çocuğun elini kapar.
27	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Elektrik	Asansör rutin bakımı için makine odasına mekanik elemanları girer . Asansör sistemi için LOTO uygulaması bulunmamaktadır.	Kişilerden biri makine odasında, kasnağın korumasını açıp incelerken diğeri elektrik panosundan kabine güç vererek , kabini hareketlendirir.
28	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Otomasyon-Asansör emniyet sistemleri	Kişiler asansör kabininde yolculuk etmektedir. Hız regülatörü yüksek makine emniyet güvenilirliği özelliklerini içermemektedir.	Hız regülatörü kasnak hızını asansör sistem sürücüsüne iletmez. Asansör hızlanarak düşmeye başlar ve zemine çarpar.
29	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Otomasyon-Asansör emniyet sistemleri	Kişiler asansör kabininde yolculuk etmektedir. Sistem devir ölçerleri yüksek makine emniyet güvenilirliği özelliklerini içermemektedir.	Devir ölçerin kontrolü yapılmadığı için sistem sürücüsüne yanlış bilgi gönderdiği anlaşılmaz. Devri farklı ölçen cihaz sistem sürücüsünde farklı bilgi gönderir . Asansör kabini hızlanarak yere çarpar.
30	Kullanım Aşaması : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Otomasyon-Asansör emniyet sistemleri	Kişiler asansör kabininde yolculuk etmektedir. Limit anahtarları yüksek makine emniyet güvenilirliği özelliklerini içermemektedir.	Limit swici asansör sürücüsüne kabinin geçtiği veya vardığı yeri bildiremez, arızalanmıştır.

31	Kullanım Aşamaları : Kabin ile hareket	Asansör kabininin kullanımı	Yolcu Asansörü Kabini	Otomasyon-Asansör emniyet sistemleri	Kişiler asansör kabiniinde yolculuk etmektedir. Optik seviye sensörleri yüksek makine emniyet güvenilirliği özelliklerini içermemektedir.	Seviye sensörü asansör sürücüsüne kabinin geçtiği veya vardığı yeri bildiremez, arızalanmıştır.
----	--	-----------------------------	-----------------------	--------------------------------------	---	---

Tablo 2’de ilgili standartlar ile yapılan risk analizi sonuçlarının özetlenmiştir. Yapılan risk analizlerinde TS EN ISO 12100’ün A tipi bir standart olmasına rağmen TS EN ISO 14798:2013 Asansörler, yürüyen merdivenler ve yürüyen bantlar- risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması standartının asansör üzerinde risk analizi çalışması esnasında daha hassas olması ve daha hassas değerlendirmeler yapması gerekirken göre daha ayrıntılı olduğu görülmüştür. Ayrıca bu standartlarla yapılan risk analizlerinde sonuçların birbirini tutmadığı TS EN ISO 12100’standartının TS EN ISO 14798:2013 ‘den daha fazla faktörü bir araya getirmesiyle daha yüksek değerlendirme hassasiyetinde olduğu saptanmıştır.

TS EN ISO 14798:2013 risk değerlendirme standardı bahsi geçen yönleriyle asansörler gibi bir çok insanın sürekli olarak kullandığı bir sistemde risk değerlendirme yöntemi olmasına rağmen, özellikle sayısal değerlendirmeler açısından TS EN ISO 12100 standardına göre daha az hassas olduğu görülmüştür. TS EN ISO 14798:2013 standardı asansörlerde kaza sonuçlarının çok vahim olması sebebiyle geliştirilmelidir.

**Tablo 2.** İlgili standartlar ile yapılan risk analizi sonuçlarının özeti

Risk Analizi Maddesi	TS EN ISO 14798:2013’e Göre Risk Analizi Sonucu	TS EN ISO 14798:2013’e Göre Risk Analizi Sonucu Risk Grubu	ISO/TR 14121-2:2012 standardı rehberliğinde ISO 12100:2010 Standardına Göre Risk Analizi Sonuçları			
			Klasik Yöntem Risk Analizi Sonucu Risk Endeksi	Klasik Yöntem Risk Analizi Sonucu Anlamı	Hibrit Yöntem Risk Analizi Sonucu	Hibrit Yöntem Risk Analizi Sonucu Anlamı
1.1	2B	I	6	En Yüksek	Gri	<b><u>Risk Orta</u></b>
1.2	4B	II	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
2	2C	<b><u>I</u></b>	4	Orta Risk	Gri	Risk Orta
3.1	1B	I	<b><u>2</u></b>	En Düşük	Siyah	Risk Yüksek
3.2	2B	I	3	<b><u>Orta Risk</u></b>	Siyah	Risk Yüksek
4.1	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
4.2	2B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
5	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
6.1	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
6.2	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
6.3	3B	I	5	En Yüksek	Gri	<b><u>Risk Orta</u></b>
7	1B	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek

8	3B	I	5	En Yüksek	Gri	<b><i>Risk Orta</i></b>
9	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
10	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
11	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
12	1A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
13	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
14	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
15	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
16.1	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
16.2	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
17.1	2A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
17.2	1A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
18.1	1A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
18.2	1A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
19	1A	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
20	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
21	1A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
22	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
23	3B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
24	3C	II	5	<b><i>En Yüksek</i></b>	Gri	Risk Orta
25	3A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
26	1A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
27	1A	I	6	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
28	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
29	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
30	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek
31	1B	I	5	En Yüksek	Siyah	Risk Yüksek

Tablo 3’de normal şartlarda kullanılan emniyet ekipmanları ile fonksiyonel emniyet sistemlerine uygun makine emniyet cihazları arasındaki fiyat farkını göstermek amacı ile tabloda yaklaşık bulunan değerler gösterilmiştir. Temel enerji ile çalışan güvenlik ekipmanlarının maliyetinin, fonksiyonel emniyete uygun ekipmanların maliyetinin ortalama %23,1’i olduğu görülmüştür. Fonksiyonel emniyete uygun ekipmanların ortalama maliyetinin ise temel enerji ile çalışan güvenlik donanımlarının ortalama maliyetinin ortalama 4,32 katı olduğu görülmüştür. Her ne kadar maliyet bu kadar artsa da, her zaman bir çok kişinin asansör kabinlerinde yolculuk ettiği ve bir cihazın hatası sebebiyle hayatlarından olabilecekleri unutulmamalıdır. Belirli düşük seviye firmaların genel piyasa mantalitesi olarak benimsediği ‘en ucuz parça, yüksek işçilik’ düşüncesi de olabilecek bahsi geçen kazalara güvenlik ekipmanları yönünden bakıldığında fonksiyonel emniyete uygun cihazların, bu tip firmalara pahalı gelse de fonksiyonel emniyet tasarımının asansör sistemi satın alma şartnamelerinde ekipman ve sistem tasarımı ile beraber bulunması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca bu tip kazalarda yatırım maliyetine yansıtacak hususlar göz önünde bulundurulduğunda daha sonra sorumlulara verilecek maddi cezalar zaten fonksiyonel emniyet sistemine uygun sistem kurulduğunda çok daha üstünde bir maliyet barındıracaktır. Yaşanacak bir olaydan sonrada aynı sebepten aynı kazanın yaşanma ihtimali de değişmeyecektir.

**Tablo 3.** Asansör temel elektrikli emniyet cihazları ortalama maliyet tablosu

No	Cihazın Cinsi	Fonksiyonel Emniyete Sistemlerine Uygun Ortalama Fiyatı	Emniyete Uygun Olan Makine Emniyet Cihazının Ortalama Fiyatı (En düşük güvenlik seviyesine göre)
1	Akım Sensörü (Hız Regülatörü Konağı)	800 Türk Lirası	2000 Türk Lirası
2	Motor Rotasyon Hızı Sinyalizasyon Enkoderi (Sıkışma Konağı)	4500 Türk Lirası	9000 Türk Lirası
3	PLC	600 Türk Lirası	18000 Türk Lirası
4	MCU	1200 Türk Lirası	2000 Türk Lirası
5	Limit Anahtarı	250 Türk Lirası	600 Türk Lirası
6	Seviye Sensörü	350 Türk Lirası	600 Türk Lirası
7	Yük Sensörü	1000 Türk Lirası	1800 Türk Lirası
8	Hareket Sensörü (Işın Perdesi)	1000 Türk Lirası	8000 Türk Lirası
<b>TOPLAM</b>		9700 Türk Lirası	42 000 Türk Lirası

## SONUÇ

•Özellikle SIL güvenilirlik derecesi olan makine emniyet cihazlarına uygun fonksiyonel sistem tasarımlarının yapılmasının gerekliliği elektrikli emniyet sistemlerinin yeteriz kalabileceği yapılan literatür taraması sonucu görülmüştür. Her ne kadar güvenilirlik derecesi ve fonksiyonel emniyet tasarımda yer bulduğunda proje maliyetlerini artırsa da konu olan insan hayatı, hatta hayatları olduğu için mutlaka tüm asansör sistemlerinde fonksiyonel emniyet tasarım çalışmaları yapılmalıdır. Türkiye’de asansörlerle ilgili bir uygulama yapılan literatür araştırmasında görülememiştir.

•TS EN ISO 14798:2013 standardının özellikle asansör ile ilgili olmasına rağmen daha genel olan A tipi TS EN ISO 12100 ‘dan az parametre içermektedir. Dolayısı ile asansör sistemi hakkında yeterli hassasiyeti artırılmalıdır, TS EN ISO 14798:2013 standardı, bahsedilen manada güncellenmelidir.



•Nitel ve nicel analizlerde yardımcı olabilecek her türlü bilgi ve veriler dikkate alınmalıdır. Bu, kaza ve olay geçmişini ve değerlendirme konusu ya da benzer ürünler ya da prosedürlerle ilgili nedenleri ve etkileri içerir. Kaza geçmişi, az sayıda kaza olmaması veya kazaların etkilerinin şiddetinin düşük olması, otomatik olarak düşük risk varsayımına yol açmamalıdır. Bu tezde incelenen standartlarda tarif edildiği gibi, deneyimlerden elde edilen uzman görüşü uzlaşmasına dayanarak verileri desteklemek için kantitatif veriler kullanılmalıdır.

•Koruyucu / risk azaltma önlemi, bir kontrol sistemi emniyet fonksiyonu ile uygulandığında, ISO 13849-1 ve ISO 13849-2 standartlarına uygun olarak uygulanmalıdır.

•Yapılan saha gözleminde risk değerlendirmelerinde bahsi geçen maddeler giderilmeden yolcu asansörünün kullanımına devam edilmesi insan hayatını ölüm riski ile burun buruna getirmektedir. Bir anlık bir sistem hatası bir çok insanın hayatına mal olabilmektedir. Bu yüzden ki mutlaka ilgili risk değerlendirmeleri ve yasal uyumluluk süreci tekrarlanarak bu ve benzeri tüm asansör tiplerinde makine emniyetine uygun risk değerlendirmeleri olmadan faaliyete geçmemelidir. Risk değerlendirme süreçleri mutlaka ilgili maddeler kapatılmadıkça devam ettirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- ARIVE GLOBAL [<https://www.avire-global.com/market-insights/the-history-of-lifts-where-did-it-all-begin>].  
Erişim Tarihi: 13.06.2019
- Asansör İşletme ve Bakım Yönetmeliği (2019) Asansör İşletme ve Bakım Yönetmeliği. 06.04.2019 Tarihli 30737 Sayılı Resmi Gazete.
- Asansör Periyodik Kontrol Yönetmeliği (2018) Asansör Periyodik Kontrol Yönetmeliği. 04.05.2018 Tarihli 30411 Sayılı Resmi Gazete.
- Asansör Yönetmeliği (2016) Asansör Yönetmeliği. 29.06.2016 Tarihli 29757 Sayılı Resmi Gazete.
- Basilio A., Capelle V. T. (2018). SIL MANUEL (4nd ed.), Kitap , GM International Technologies For Safety. IEC 60204 (all parts), Safety of machinery — Electrical equipment of machines.
- IEC 61496 (all parts), Safety of machinery — Electro-sensitive protective equipment.
- ISO/IEC Guide 51 (2019), Safety aspects — Guidelines for their inclusion in standards.
- ISO 13849-1:2006, Safety of machinery — Safety-related parts of control systems — Part 1: General principles for design.
- ISO 13855, Safety of machinery — Positioning of protective equipment with respect to the approach speeds of parts of the human body.
- TDK [<https://sozluk.gov.tr/>]. Erişim Tarihi: 15.09.2019
- TUNÇ ASANSÖR [<http://tuncasansor.com/genel/asansor-tarihcesi.html>]. Erişim Tarihi: 09.09.2019
- TECHNICAL SAFETY BC [<https://www.technicalafetybc.ca/case-study-elevator-leveling-incidents-2009-2015>]. Erişim Tarihi: 09.09.2019
- TS EN ISO 14798:2013. 'Asansörler, yürüyen merdivenler ve yürüyen bantlar - Risk değerlendirilmesi ve risk azaltılması
- TS EN ISO 12100:2010 Makinalarda Güvenlik - Tasarım İçin Genel Prensipler - Riskin Değerlendirilmesi Ve Azaltılması Standardına Göre Risk Değerlendirmesi Metodu

## DC motor hız kontrolü için PID denetleyici parametrelerinin PSO algoritması ile gerçek zamanlı optimizasyonu

Mustafa Yusuf Yıldırım\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0302-8466>), Rüştü Akay (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3585-3332>)

Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: myyildirim@erciyes.edu.tr

### Özet

Endüstride yaygın olarak kullanılan doğru akım motorlarının kontrolü her geçen gün daha da önemli olmaktadır. Bu sebeple denetleyicilere ait parametrelerin optimum düzeyde belirlenmesi gerekir. Bu çalışmada, bir doğru akım motorunun hız kontrolü için sezgisel algoritmalarından biri olan Parçacık Sürü Optimizasyon (Particle Swarm Optimization, PSO) algoritması kullanılarak PID denetleyici parametreleri gerçek zamanlı olarak optimize edilmiştir. Hız kontrolü için 12 V DC motor ve düşük maliyetli bir hız sensörü tercih edilmiştir. Sistem Arduino yazılımı ile çalıştırılmaktadır. Amaç fonksiyonundaki uygunluk kriteri Toplam Mutlak Hata (Integral Absolute Error, IAE) olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak bu çalışmadaki PSO-PID algoritması ile elde edilen PID parametrelerinin PID algoritmasına göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir. Bu sayede endüstride kullanılan DC motor denetleyicilerin performansı önemli ölçüde artırılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** DC motor, PID denetleyici, parçacık sürü optimizasyonu, hız kontrolü.

### Real-time optimization of PID controller parameters for DC motor speed control with PSO algorithm

#### Abstract

The control of DC motors, which are widely used in the industry, is becoming more and more important day by day. For this reason, the parameters of the controllers should be determined at the optimum level. In this paper, PID controller parameters are optimized in real time using Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm, which is one of the heuristic algorithms for speed control of a DC motor. A 12 V DC motor and a low cost speed sensor were preferred for speed control. The system is operated with Arduino software. The compliance criterion in the objective function was determined as Integral Absolute Error (IAE). As a result, it was observed that the PID parameters obtained with the PSO-PID algorithm in this paper gave better results than the PID algorithm. In this way, the performance of DC motor controllers used in the industry can be significantly increased.

**Keywords:** DC motor, PID controller, particle swarm optimization, speed control.

### GİRİŞ

Endüstriyel uygulamalarda DC motorlar elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmede yaygın olarak kullanılır. Diğer motor türlerine kıyasla daha çok avantajı vardır. Güvenilirliği, uygulamasının kolay olması ve maliyetinin düşük olması bunlardan bazılarıdır. Ancak endüstrideki kullanım amacına göre bu motorların hızını ve konumunun kontrol edilmesi gerekir (Achanta ve Pamula, 2017, Jain ve ark., 2016, Purnama ve ark., 2019).

Günümüzde kontrol ve otomasyon oldukça önemlidir. DC motorların hız kontrolü için bulanık mantık, sinir ağları, oransal-integral (PI), oransal-türev (PD), oransal-integral-türev (PID) gibi denetleyiciler kullanılabilir. PID denetleyicileri bir kontrol yöntemi olarak performansı, yapısı ve tasarımı bakımından birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Bunlara ek olarak bu denetleyiciler düşük maliyet gerektirir ve çeşitli kontrol sistemlerinde yüksek performans sergilerler. PID denetleyicinin tasarımında üç parametre mevcuttur. Bunlar orantı, integral ve türev kazançlarıdır. Bu kazanç değerleri ayarlanarak istenen kontrol sağlanır. Bununla birlikte geleneksel PID denetleyicileri, ideal kontrol performansını elde etmek için birçok problemle karşı karşıya gelmektedir. Bu denetleyicinin parametreleri ayarlama zorluk, sistemlerde zaman gecikmelerinin yaşanması ve doğrusal olmama gibi bazı zayıflıkları mevcuttur (Achanta ve Pamula, 2017, Jain ve ark., 2016, Sungthong ve Assawinchaichote, 2016). Bu zayıflıkların üstesinden gelmek için son zamanlarda

yapay zeka algoritmaları ile denetleyici parametrelerinin optimal düzeyde ayarlanmasına yönelik çalışmalar gerçekleştirilmektedir. Bu amaç için sinir ağları ve bulanık mantığa ek olarak sürü tabanlı algoritmalar sık kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca bu tür sistemlerin hibrit versiyonları da mevcuttur. Bu algoritmalar PID kontrol performansını kayda değer ölçüde artırmaktadır (Sahib ve Ahmed, 2016).

PID denetleyici parametrelerinin optimizasyonu ile ilgili yapılan bazı çalışmalar şu şekilde açıklanabilir: Achanta vd. DC motor hız kontrolü için Jaya Optimizasyon Algoritması ile PID parametrelerini optimize etmiş ve PSO tabanlı PID parametre optimizasyonu ile karşılaştırmışlardır. Bu algoritmanın daha iyi sonuçlar ürettiğini gözlemlemişlerdir (Achanta ve Pamula, 2017). Jain vd. DC motor hız kontrolü için PSO algoritmasının kullanıldığı bir Kesir Mertebeli PID Denetleyici tasarlamışlardır (Jain ve ark., 2016). Purnama vd. bazı yapay zeka tekniklerinin, DC motor hız kontrolü için tasarlanan PID denetleyicilerin parametrelerinin optimizasyonundaki performansları gözlemlemişlerdir. Buradaki performans kriterleri yükselme ve yerleşme zamanları, kalıcı durum hatası ve maksimum aşım miktarıdır (Purnama ve ark., 2019). Sahib vd. çok amaçlı Pareto optimal cephesine dayanan yeni bir performans kriteri geliştirmişlerdir. Önerilen amaç fonksiyonu, PSO algoritması kullanılarak Otomatik Gerilim Regülatör Sistemi uygulaması için PID denetleyici tasarımında test edilmiştir (Sahib ve Ahmed, 2016). Sungthong vd. sıcaklık kontrol sistemleri için en uygun PID parametrelerini ayarlamak için PSO algoritmasını kullanmışlardır. Bu PSO tabanlı PID tasarımını Ziegler-Nichols ayarlama yöntemi ve Genetik Algoritma tabanlı PID tasarımı ile karşılaştırmışlardır. PSO tabanlı PID tasarımının daha iyi sonuçlar ürettiğini gözlemlemişlerdir (Sungthong ve Assawinchaichote, 2016). Qi vd. PSO algoritmasını kullanan Denetleyici Alan Ağı ile kontrol edilen bir DC motor için PID parametrelerinin optimize edilmesini araştırmışlardır (Qi ve ark., 2020). Momani vd. hem klasik PID hem de Kesir Mertebeli PID Denetleyicilerinin parametrelerini El-Khazali'nin yaklaşımı aracılığıyla PSO algoritması kullanarak belirlemeyi amaçlamışlardır (Momani ve ark., 2019). Khodja vd. PSO tabanlı bir PID tasarımını Ziegler-Nichols tabanlı bir PID tasarım ile karşılaştırmışlardır. PSO tabanlı tasarımın Ziegler-Nichols tabanlı PID denetleyiciye göre daha iyi performans sergilediğini gözlemlemişlerdir (Khodja ve ark., 2017). Haji vd. bir güç santrali için tasarlanan Kesir Mertebeli Bulanık-PID Denetleyicinin parametrelerini optimize etmek için Dinamik PSO algoritması geliştirmişlerdir. Bu algoritma Genetik Algoritma, Diferansiyel Evrim ve Yapay Arı Kolonisi algoritmaları ile karşılaştırmış ve bu algoritmalarından daha iyi sonuçlar ürettiğini gözlemlemişlerdir (Haji ve Monje, 2017). Raza vd. üst ekstremitte rehabilitasyon robotunu kontrol etmek için PSO algoritmasını kullanarak PID denetleyicinin optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir (Raza ve ark., 2018).

Bu çalışmada bir DC motorun hız kontrolü için PID denetleyicinin parametreleri olan  $K_P$ ,  $K_I$  ve  $K_D$ 'nin en uygun değerlerinin elde edilmesi için gerçek zamanlı bir optimizasyon amaçlanmıştır. Deney düzeneği basit yapı ve düşük maliyetli olarak tasarlanmıştır. Ayrıca haberleşme olmaksızın doğrudan Arduino yazılımının kullanılması gerçek zamanlı optimizasyon için kolaylık sağlamaktadır. Optimizasyon algoritmaları gömülü sistemlerin belleklerinde çok fazla yer tutmaktadır. Bu sebeple farklı flash hafıza boyutlarına sahip Arduino kartları bu problemi de ortadan kaldırır.

Çalışmada öncelikle materyal ve yönteme, sonra çalışmada elde edilen bulgulara ve daha sonra da sonuç bölümüne yer verilmektedir.

## **MATERYAL VE METOD**

### **Parçacık Sürü Optimizasyonu**

Parçacık sürü optimizasyonu, 1995 yılında Eberhart ve Kennedy tarafından geliştirilen sürü tabanlı bir optimizasyon algoritmasıdır. Bu algoritma, kuş ve balıkların sosyal davranışlarından esinlenerek bilgisayar simülasyonlarına aktarılmasıyla geliştirilmiştir. Bireyler burada parçacık olarak ifade edilmektedir ve algoritma genellikle nümerik problemler için kullanılmaktadır. Algoritmanın temel adımları Şekil 1' de gösterilmektedir.

- 1: Parçacıkların başlangıç konumlarının oluşturulması, parçacıkların başlangıç hız değerlerinin ve kontrol parametrelerinin belirlenmesi
- 2: **While (durdurma kriteri sağlanana kadar)**
- 3: Uygunluk değerlerinin hesaplanması
- 4: Tüm parçacıklar için o anki en iyi konumunun ve popülasyonun en iyisinin konumunun belirlenmesi
- 5: Tüm parçacıkların hız ve konumlarının güncellenmesi
- 6: **End while**
- 7: En iyi çözümün gösterilmesi

Şekil 1. PSO algoritmasının temel adımları (Karaboğa, 2017)

Bu algoritmada parçacıkların başlangıç konumları ilgili arama uzayında rastgele oluşturulur. Genellikle parçacıkların ilk hızları sıfır alınır. Problemin amaç fonksiyonu kullanılarak rastgele oluşturulan konumların uygunluk değerleri hesaplanır. Uygunluk değerlerine göre her bir parçacığın o ana kadarki en iyi konumu ( $x_{best,i}$ ) ve popülasyonun en iyisinin konumu ( $g_{best}$ ) belirlenir. Bu konumlar kullanılarak parçacıkların hızları güncellenir. (1) denklemi hız güncelleme ifadesini göstermektedir.

$$v_i(t+1) = w \cdot v_i(t) + r_1 \cdot c_1 \cdot (x_{best,i} - x_i(t)) + r_2 \cdot c_2 \cdot (g_{best} - x_i(t)), \quad i = 1, \dots, P \quad (1)$$

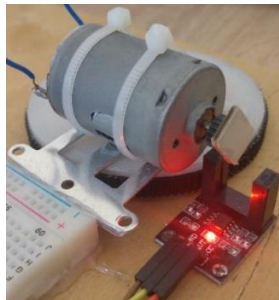
Burada  $v_i(t+1)$  i. parçacığın güncel hızı,  $v_i(t)$  i. parçacığın eski hızı,  $x_i(t)$  i. parçacığın eski konumu,  $r_1$ - $r_2$  (0, 1) arasında üretilen rastgele sayılar,  $c_1$ - $c_2$  öğrenme katsayıları,  $w$  atalet (eylemsizlik) ağırlığı ve  $P$  ise parçacık (popülasyon) sayısıdır. Bu güncel hız bilgisi kullanılarak parçacıkların konumları güncellenir. (2) denklemi konum güncelleme ifadesini göstermektedir.

$$x_i(t+1) = x_i(t) + v_i(t+1) \quad (2)$$

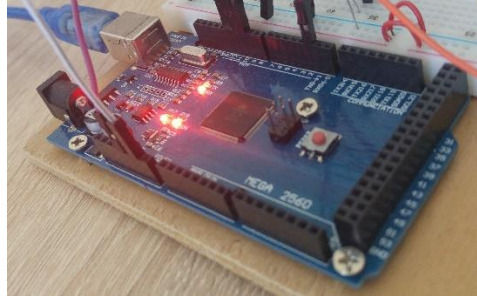
Burada  $x_i(t+1)$  i. parçacığın güncel konumudur. Hız ve konum güncellemesi sonrası en iyi çözüm hafızada saklanır ve iteratif süreç durdurma kriteri sağlanana kadar devam eder (Ayari ve Bouamama, 2017).

## Deney Düzenegi

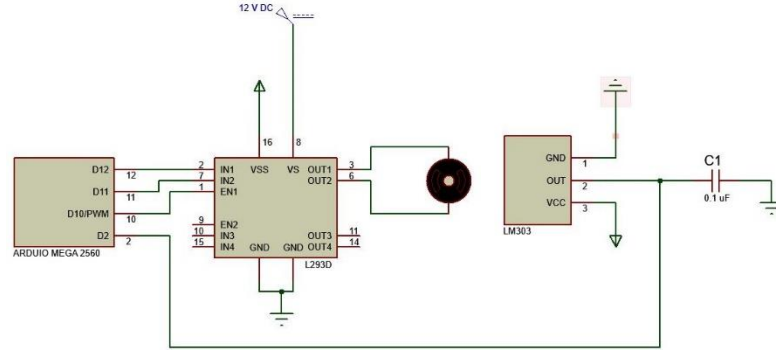
Çalışmada bir adet 12 V DC motorun hızı kontrol edilmiştir. DC motorun hızının okunması için LM303 hız sensörü tercih edilmiştir. DC motor 12 V ile çalıştığı için güç kaynağı olarak 12 V adaptör kullanılmıştır. Motor L293d sürücü entegresi ile sürülmektedir. Kontrol kartı olarak Arduino Mega 2560 tercih edilmiştir. Çünkü aynı şartlar altında Arduino Uno kartı kullanıldığında flash hafızasının neredeyse tamamı kullanımda olduğundan dolayı sistemde bozulmalar olabilmektedir. Kullanılan DC motor ve LM303 hız sensörü Şekil 2'de, sistemdeki Arduino Mega 2560 kontrol kartı Şekil 3'te, sistemin devre şeması Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 2. Sistemde kullanılan 12 V DC motor ve LM303 hız sensörü



Şekil 3. Sistemde kullanılan Arduino Mega 2560 Kontrol Kartı



Şekil 4. Sistemin devre şeması

### PID Parametrelerinin Gerçek Zamanlı Optimizasyonu

PID parametrelerinin gerçek zamanlı optimizasyonu için sistem PSO algoritması ile çalıştırılmakta ve optimum KP, KI, KD değerleri elde edilmektedir. Optimizasyon sonucunda sistem bu optimum parametreleri kullanarak klasik PID algoritması ile tekrar çalışmaktadır. Bu çalışmada kullanılan PSO-PID algoritmasının temel adımları Şekil 5'te gösterilmektedir.

- 1: Hız kontrolü için referans değer belirlenmesi ve PID parametrelerinin tanımlanması
- 2: Parçacıkların başlangıç konumlarının oluşturulması, parçacıkların başlangıç hız değerlerinin ve kontrol parametrelerinin belirlenmesi
- 3: **While (durdurma kriteri sağlanana kadar)**
- 4: Amaç fonksiyonunda Klasik-PID algoritmasının çalıştırılması ve IAE değerinin (uygunluk değeri) hesaplanması
- 5: Tüm parçacıklar için o anki en iyi konumunun ve popülasyonun en iyisinin konumunun belirlenmesi
- 6: Tüm parçacıkların hız ve konumlarının güncellenmesi
- 7: **End while**
- 8: En iyi PID parametreleri ile sistemin klasik PID algoritmasıyla tekrar çalıştırılması ve sistem cevabının gösterilmesi

Şekil 5. Bu çalışmada kullanılan PSO-PID algoritmasının temel adımları

DC motor deney düzeneğine sabitlenmiştir. Motorun hızı saniyedeki dönme sayısı (revolution per second, RPS) biriminde ölçülmektedir. Ölçüm için mil ucuna bir parça yerleştirilmiştir. Bu parça hız sensörünün verici ve alıcı bölümlerinin arasına girdiğinde, sensör lojik - 0 değerini üretmektedir. Kesme fonksiyonunda, ardışık iki lojik - 0 değeri arasındaki süre (T), (3) denkleminde yerine yazılarak motorun RPS değeri kolaylıkla hesaplanmaktadır.

$$RPS = \frac{1}{T}$$

(3)

Amaç fonksiyonunda, bu RPS değeri kullanılarak anlık hata değeri hesaplanmaktadır. Bu anlık hata değeri ile Klasik-PID algoritması belli bir süre için çalıştırılmaktadır. Klasik-PID algoritmasının temel adımları Şekil 6'da gösterilmektedir.

- 1:  $K_P$ ,  $K_I$ ,  $K_D$  ve  $d_t$  değerlerinin belirlenmesi
- 2: **While (belli bir zaman aralığı için)**
- 3: Referans ve anlık hız arasındaki hata değerinin hesaplanması (Hata)
- 4:  $\text{İntegral} = \text{Eski\_İntegral} + \text{Hata} * d_t$
- 5:  $\text{Türev} = (\text{Hata} - \text{Eski\_Hata}) / d_t$
- 6:  $\text{PID} = K_P * \text{Hata} + K_I * \text{İntegral} + K_D * \text{Türev}$
- 7: Motorun PWM boyutunda PID değeriyle sürülmesi
- 8:  $\text{Eski\_Hata} = \text{Hata}$
- 9:  $\text{Eski\_İntegral} = \text{İntegral}$
- 10:  $d_t$  kadar beklenmeye izin verilmesi
- 11: **End while**

Şekil 6. Klasik-PID algoritmasının temel adımları

Klasik PID algoritması sona erdiğinde elde edilen anlık sistem cevabındaki hatalar toplanarak IAE değeri hesaplanmaktadır. Bu hata fonksiyonunun genel ifadesi (4) denkleminde gösterilmektedir.

$$\text{IAE} = \int_0^{\infty} |e(t)| dt$$

(4)

PSO algoritması bu değeri minimize edecek şekilde çalışmakta ve böylece optimum PID parametre değerleri elde edilmektedir.

## BULGULAR

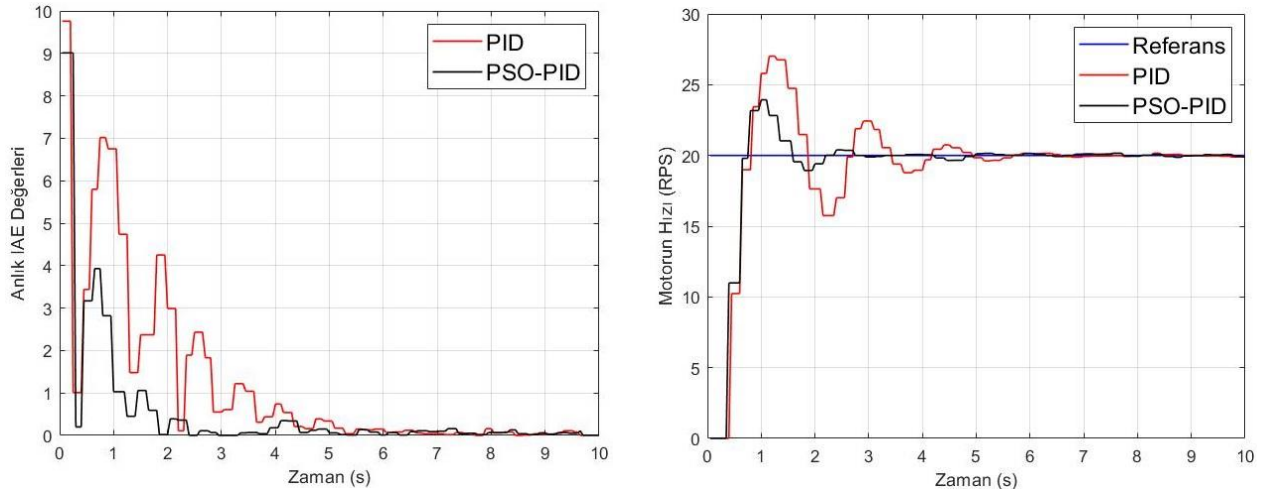
Çalışma Arduino IDE 1.8.10 programlama dilinde kodlanmış ve 16 GB RAM' e sahip, INTEL CORE i7 işlemcili bilgisayarda Windows 10 işletim sistemi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Set değeri 20 RPS olarak ayarlanmıştır. PID parametreleri için sınır değerleri  $K_P$  için [1.5 3],  $K_I$  için [0.1 0.5] ve  $K_D$  için [0.5 1]'dir. Motorun çalışma hızının sınır değerleri [5 30] dev/s, PID algoritmasındaki  $d_t$  değeri ise 1 ms olarak belirlenmiştir. PSO algoritması için problem boyutu, PID denetleyicinin parametre sayısı yani 3'tür. Amaç fonksiyonunda PID algoritmasının çalıştırılması her iterasyon ve her parçacık için 10 saniye sürdüğünden dolayı çalışmanın süresi uzamaktadır. Bu yüzden maksimum iterasyon sayısı 10 ve popülasyon boyutu 5 olarak belirlenmiştir. Öğrenme katsayıları ( $c_1 / c_2$ ) 2 / 2 olarak, atalet ağırlığı lineer azalma faktörü 0.95 olarak seçilmiştir. Sistem Arduino yazılımı ile çalıştırılmış ancak bulgular CoolTerm terminal uygulaması ile alınarak MATLAB 2019 aracılığıyla görselleştirilmiştir. Çalışma sonucunda PID ve PSO-PID algoritmaları ile elde edilen PID denetleyici parametreleri Tablo 1'de, bu algoritmalar ile elde edilen bulgular Tablo 2' de, her iki algoritma için anlık hata değerlerinin yakınsama grafikleri ve sistemin PID, PSO-PID algoritmaları ile çalıştırılması durumunda elde edilen sistem cevapları Şekil 7' de gösterilmektedir.

Tablo 1. PID ve PSO-PID yöntemleri ile elde edilen PID denetleyici parametreleri

	$K_P$	$K_I$	$K_D$
<b>PID</b>	1.80	0.50	0.80
<b>PSO-PID</b>	2.85	0.44	0.83

**Tablo 2.** PID ve PSO-PID yöntemleri ile elde edilen bulgular (Bu değerler 5 koşma sonucunda elde edilen verilerin ortalamalarıdır.)

	Aşım (%)	Yükselme Zamanı (s)	Yerleşme Zamanı (s)	IAE
<b>PID</b>	4.55	0.80	6.10	235.71
<b>PSO-PID</b>	4.07	0.73	3.40	106.73



**Şekil 7.** Deneysel çalışmanın sonuçları: (a) PID ve PSO-PID algoritmaları için anlık hata değerlerinin yakınsama grafikleri, (b) Sistemin PID ve PSO-PID algoritmaları ile çalıştırılması durumunda elde edilen sistem cevapları

Tablo 1 göz önüne alındığında, yüzde aşım miktarı, yükselme ve yerleşme zamanları bakımından PSO-PID algoritmasının PID algoritmasına göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Ayrıca PID algoritmasının elde ettiği ortalama IAE değeri PSO-PID algoritmasının elde ettiği değer iki katından fazladır. Bu durumda PSO-PID algoritması uygunluk kriteri olan IAE için son derece önemli bir performans sergilemiştir.

Anlık hata değerlerinin yakınsama grafikleri göz önüne alındığında, PSO-PID algoritmasının daha yüksek yakınsama hızına sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca her iki algoritma ile elde edilen sistem cevapları da PSO-PID algoritmasının daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir. PID algoritması yaklaşık 6.5 saniyede referans değere ulaşırken PSO-PID algoritması bu değere yaklaşık 3.5 saniyede ulaşmıştır.

## SONUÇ

Bu çalışmada, bir DC motorun hız kontrolü için PID denetleyici parametreleri PSO algoritması ile gerçek zamanlı olarak optimize edilmiştir. Bunun için 12 V DC motor ve LM303 hız sensörü kullanılmış ve sistem Arduino kartı ile kontrol edilmiştir. Arduino Uno kartı kullanıldığında flash hafızanın dolmasından dolayı bozulmalar olmaktadır. Bu yüzden daha büyük flash hafızaya sahip olan Arduino Mega 2560 kartı tercih edilmiştir. Motorun hızı RPS biriminde ölçülmüştür. Optimizasyon sonucunda PSO-PID algoritması ile elde edilen denetleyici parametreleri aşım, yükselme ve yerleşme zamanları, yakınsama hızı ve uygunluk kriteri olan IAE değeri bakımından PID algoritmasına göre daha iyi sonuçlar vermiştir.

Sonraki çalışmalarda diğer sürü tabanlı yapay zekâ algoritmalarının PID denetleyici parametrelerinin gerçek zamanlı optimizasyonundaki performansları analiz edilebilir veya endüstriye uyarlamak amacıyla deneysel çalışma olarak daha büyük çaplı sistemler kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

Achanta RK, Pamula VK 2017. DC motor speed control using PID controller tuned by jaya optimization algorithm. IEEE International Conference on Power, Control, Signals and Instrumentation Engineering (ICPCSI), Chennai, India.

Ayari A, Bouamama S 2017. A new multiple robot path planning algorithm: dynamic distributed particle swarm optimization. Robotics and Biomimetics, 4:8.

- Haji VH, Monje CA 2017. Fractional order fuzzy-PID control of a combined cycle power plant using particle swarm optimization algorithm with an improved dynamic parameters selection. *Applied Soft Computing*, 58: 256-264.
- Jain RV, Aware MV, Junghare AS 2016. Tuning of fractional order PID controller using particle swarm optimization technique for DC motor speed control. *IEEE 1st International Conference on Power Electronics, Intelligent Control and Energy Systems (ICPEICES)*, Delhi, India.
- Karaboğa D 2017. Parçacık sürü optimizasyonu. In: *Yapay Zeka Optimizasyon Algoritmaları*. Nobel Yayınevi, pp. 181-199.
- Khodja MA, Tadjine M, Bouchetit MS, Benzaoui M 2017. Tuning PID attitude stabilization of a quadrotor using particle swarm optimization (experimental). *International Journal for Simulation and Multidisciplinary Design Optimization*, 8: 1-9.
- Momani S, El-Khazali R, Batiha IM 2019. Tuning PID and PI $\lambda$ D controllers using particle swarm optimization algorithm via ElKhazali's approach. *AIP Conference Proceedings* 2172, 050003.
- Purnama HS, Sutikno T, Alavandar S, Subrata AC 2019. Intelligent control strategies for tuning PID of speed control of DC motor - a review. *IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)*, Yogyakarta, Indonesia.
- Qi Z, Shi Q, Zhang H 2020. Tuning of digital PID controllers using particle swarm optimization algorithm for a can-based DC motor subject to stochastic delays. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 67: 5637-5646.
- Raza Y, Ahmed SF, Ali A, Joyo MK, Kadir KA 2018. Optimization of PID using PSO for upper limb rehabilitation robot. *IEEE 5th International Conference on Engineering Technologies and Applied Sciences (ICETAS)*, Bangkok, Thailand.
- Sahib MA, Ahmed BS 2016. A new multiobjective performance criterion used in PID tuning optimization algorithms. *Journal of Advanced Research*, 7: 125-134.
- Sungthong A, Assawinchaichote W 2016. Particle swam optimization based optimal PID parameters for air heater temperature control system. *Procedia Computer Science*, 86: 108-111.



## Farklı sıcaklıklarda akımsız Ni-B kaplanan DKP sac malzemelerin yüzey özelliklerinin incelenmesi

Aleyna Bayatlı (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1808-4295>), Arif Akıllılar<sup>2</sup>, Mustafa Kocabaş\*  
(ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2179-5183>)

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği,  
Konya, Türkiye

<sup>2</sup>Tosunoğulları Mob. San. ve Tic. A.Ş. , Konya, Türkiye

\*Sorumlu Yazar e-mail: [mustafakocabas42@gmail.com](mailto:mustafakocabas42@gmail.com)

### Özet

Birçok endüstri kolunda olduğu gibi mobilya sanayinde de yaygın olarak DKP çelik sac malzemeler kullanılmaktadır. Bu çelik türünün üstün özelliklerine rağmen, korozyon direncini arttırmak ve dekoratif görünüm gibi birçok farklı nedenden dolayı yüzey kaplamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, bu çalışmada et kalınlığı 1 mm olan DKP saclar farklı sıcaklıklarda (70, 80 ve 90 °C) üstün özellikleri ile bilinen akımsız nikel bor (Ni-B) kaplama ile kaplanmıştır. Farklı sıcaklıklarda akımsız Ni-B kaplanmış DKP saclar yüzey optik mikroskop incelemeleri, enine kesit incelemeleri, kalınlık ölçümleri ve elektrokimyasal korozyon testleri yapılmıştır. Kaplama kalınlığı en düşük  $5 \pm 1 \mu\text{m}$  ile 70 °C'deki koşulda tespit edilmiş, bu değeri 80 °C'de  $7 \pm 1 \mu\text{m}$  ve  $12 \pm 1 \mu\text{m}$  değeriyle 90 °C'de gerçekleştirilen kaplamalar takip etmiştir. Üç koşulda da akımsız Ni-B kaplamaya ait olan karakteristik karnabaharimsi yapı gözlemlenmiştir. Yüzeydeki nodüllerin boyutunun 70 °C'deki kaplamada en küçük olduğu gözlenirken; en büyük nodül boyutunun 90 °C'deki kaplamada olduğu görülmüştür. Kaplanmış malzemelerin korozyon dirençlerinin incelenmesinde elektrokimyasal deneyler kullanılmıştır. Korozyon deneylerinin tamamı karıştırma yapılmadan, oda sıcaklığında 0,1 M NaCl (sodyum klorür) çözeltisinde klasik üç elektrot yöntemi ile yapılmıştır. Referans elektrot (RE) olarak Ag/AgCl, karşıt elektrot (CE) olarak grafit çubuk; çalışma elektrotu (WE) olarak ise Ni-B kaplı DKP sac numuneler kullanılmıştır. Deneyler sonucunda kaplama banyosu sıcaklığındaki değişimin, kaplamaların korozyon özellikleri açısından etkileri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DKP sac, Akımsız Ni-B kaplama, Korozyon

### Investigation of surface properties of electroless Ni-B coated at different temperatures on steel sheet materials

#### Abstract

As in many industries, steel sheet materials are widely used in the furniture industry. Although the superior properties of this steel, the coating is needed for many different purposes such as increased corrosion resistance and decorative appearance. So in this study, the steels were coated by electroless Ni-B coating, which known as its superior properties, at different temperatures (70, 80, and 90 °C). Optical microscope examinations on the surfaces, cross-section examinations, thickness measurements, and electrochemical corrosion tests were carried out on electroless Ni-B coated samples at different temperatures. The coating thickness was measured  $5 \pm 1 \mu\text{m}$  at 70 °C, and measured by the coatings at 80 °C with  $10 \pm 1 \mu\text{m}$  and  $12 \pm 1 \mu\text{m}$  at 90 °C. The characteristic cauliflower-like structure of electroless Ni-B coating was observed under all three conditions. While it is observed that the size of the nodules on the surface is the smallest in the coating at 70 °C; it was observed that the largest nodule size was formed in the coating at 90 °C. Electrochemical corrosion tests were used to determine the corrosion resistance of coated samples. All electrochemical corrosion tests were performed without mixing in 0.1 M NaCl (sodium chloride) solution at room temperature with the classical three-electrode method. Ag/AgCl is a reference electrode (RE), graphite rod as a counter electrode (CE); Ni-B coated sheet metals were used as the working electrode (WE). As a result of the experiments, the effects of coating temperature on the corrosion properties of the coatings were investigated.

**Keywords:** Steel sheet, Electroless Ni-B coating, Corrosion

### GİRİŞ

DKP sac çeliği, yapısında Mn, Si, P, N gibi elementleri bulduran soğuk haddeleme ile üretilmiş demir karbon alaşımıdır. Bu malzemeler, ucuz ve kolay şekillendirilebilen malzemelerdir (Durmuş vd., 2020). Şekillendirilmiş sac metallerin kullanım alanları artan ihtiyaçlar karşısında giderek gelişmektedir. Otomotiv, uçak ve savunma sanayi gibi yüksek teknoloji kullanan endüstrilerden, günlük hayatta kullanılan çoğu eşyanın yapımına kadar farklı teknolojik seviyedeki uygulamalarda yer almaktadır. Gelişen dünya ve Türkiye şartlarında artan talep doğrultusunda diğer sektörlerde olduğu gibi sac metal sektörü de gelişmelere ihtiyaç duymaktadır (Süzen, 2019; Tunali, 2019).

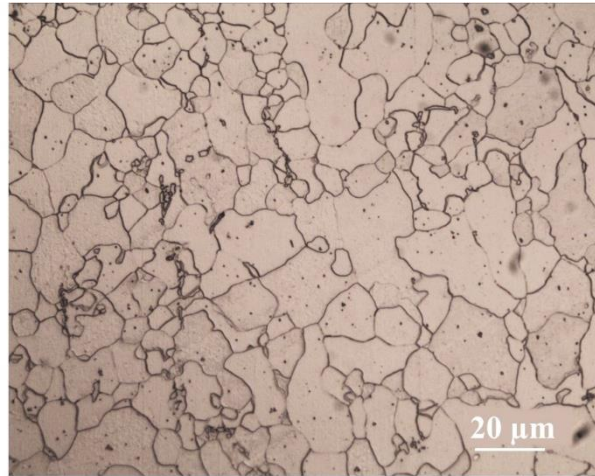
Malzemelerin servis ömrünü arttırmak, aşınma ve korozyon direncini iyileştirmek, dekoratif görünüm kazandırmak gibi birçok amaçla farklı yüzey işlemleri geçmişten günümüze kadar yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Yüzey kaplamalarını ve modifikasyonlarını içeren bu yüzey işlemlerinin önemi her geçen gün artmaktadır. Yüzey işlemlerinin malzeme ve ortama göre uygun koşullarda yapılması, malzemelerin daha uzun süre özelliklerinin bozulmadan kullanılmasını sağlamaktadır (Kocabaş, 2017).

En bilinen yüzey işlemlerinden olan akımsız nikel kaplamalar metalik alaşımlar, plastikler malzemeler gibi metal ve metal dışı birçok altlık üzerinde uygulanabilen akım uygulanmaksızın çözültiden kimyasal yöntemle nikel biriktirilmesi esasına dayanan bir kaplama yöntemidir. Akımsız nikel kaplama çeşitlerinden birisi olan Ni-B kaplama homojen kaplama kalınlığı, yüksek korozyon ve aşınma direnci, yüksek sertlik, düşük sürtünme katsayısı, yüksek yansıtma özelliği gibi özellikleri dolayısıyla yaygın olarak kullanılan kaplamalar arasında yer almaktadır. Aynı zamanda, tipik karnabaharimsi mikroyapısı kaydırıcılık sağlayarak aşınma özelliklerini önemli ölçüde geliştirmektedir (Cheong vd., 2004; Shakoor vd., 2016; Vitry vd., 2008). Bahsedilen avantajlarının yanı sıra düşük maliyet ve düşük porozite gibi özelliklere de sahiptir (Bülbül vd., 2012; Shakoor vd., 2016). Akımsız Ni-B kaplamalar otomotiv, savunma, kimya, plastik, optik, uzay-havacılık, ateşli silahlar, nükleer endüstri, elektronik, bilgisayar, gıda ve matbaacılık gibi birçok endüstri dalında yer bulmuştur (De vd., 2016; Delaunois vd., 2000; Shakoor vd., 2016).

Bu çalışmada mobilya sanayinde de kullanılan DKP sac malzemeler üzerine farklı sıcaklıklarda (70, 80 ve 90 °C) akımsız Ni-B kaplamalar yapılmıştır. Kaplama sonrasında enine kesit ve yüzey incelemeleri yapılarak sıcaklığın kaplama üzerindeki etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda Ni-B kaplanmış yüzeylere korozyon deneyleri yapılarak kaplamanın altlık malzemenin elektrokimyasal özelliklerini hangi yönde etkilediği araştırılmıştır.

## MATERYAL ve METOD

Akımsız Ni-B kaplanacak DKP sac numunesi kaplama öncesinde altlık malzemenin mikroyapı incelemesi için 400, 800, 1200 grid SiC zımpara kâğıtlarıyla kademeli olarak zımparalanmıştır. Ardından 6 mikronluk çuhada 6 µm-mono elmas süspansiyon ile 15 dakika parlatıldıktan sonra %10'luk nital çözeltisiyle dağlanmıştır. Dağlanmış altlık malzemenin optik mikroskop mikroyapı görüntüsü Şekil 1'deki gibidir. Kullanılan altlık malzemenin kimyasal bileşimi ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Altlık malzeme DKP sacın optik mikroskop görüntüsü

Tablo 1. DKP sac malzemenin % kimyasal bileşimi

Element	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Al	Co	Cu	Fe
%	0,049	0,085	0,185	0,006	0,005	0,037	0,045	0,048	0,003	0,02	Kalan

Akımsız Ni-B çözeltisi Tablo 2'de verilen bileşimde hazırlanmıştır. Banyoda nikel kaynağı olarak nikel klorür ( $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), indirgeyici ajan olarak sodyum bor hidrür ( $\text{NaBH}_4$ ), kompleks yapıcı olarak etilendiamin ( $\text{C}_2\text{H}_8\text{N}_2$ ), stabilizatör olarak kurşun (II) nitrat ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) ve alkali kaynağı olarak ise sodyum hidroksit ( $\text{NaOH}$ ) kullanılmıştır. Kaplamalar 70, 80 ve 90 °C'de aynı miktarlardaki (350 mL) Ni-B çözeltisinde 1 saat süreyle gerçekleştirilmiştir.

**Tablo 2.** Akımsız Ni-B kaplama çözeltisinin bileşimindeki kimyasallar ve kullanım amaçları

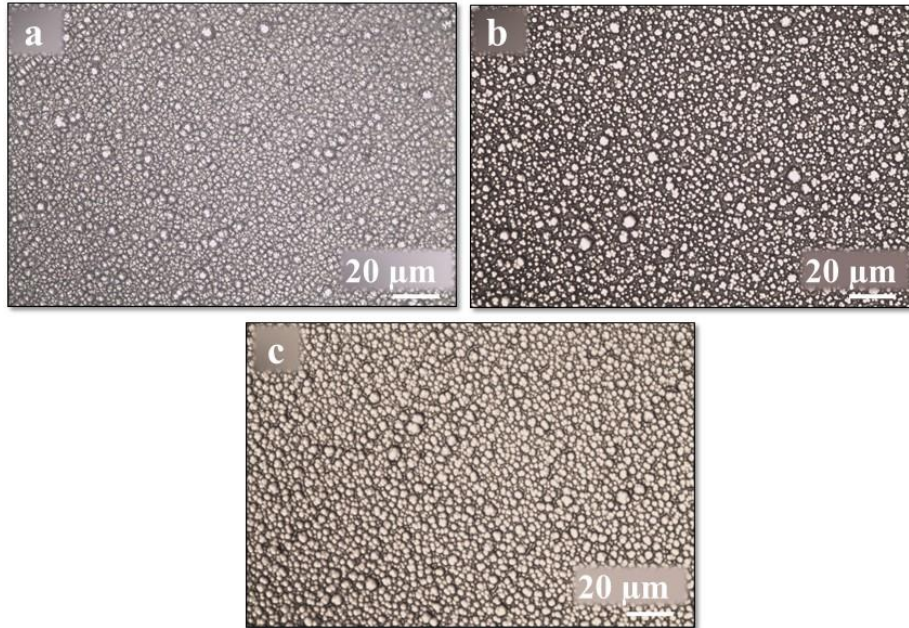
<b><i>Kimyasal ismi ve formülü</i></b>	<b><i>Kullanım amacı</i></b>	<b><i>Miktarı</i></b>
<i>Nikelklorürheksahidrat (<math>NiCl_2 \cdot 6H_2O</math>)</i>	Nikel kaynağı	20 g/L
<i>Sodyum Borhidrür (<math>NaBH_4</math>)</i>	İndirgeyici	1 g/L
<i>Sodyum Hidroksit (<math>NaOH</math>)</i>	Alkali kaynağı	40 g/L
<i>Etilendiamin (<math>C_2H_8N_2</math>)</i>	Kompleks yapıcı	60 g/L
<i>Kurşun (II) Nitrat (<math>Pb(NO_3)_2</math>)</i>	Stabilizör	15 mg/L

Kaplama işleminden önce DKP sac numuneler 400, 800, 1200 grid SiC zımparalarla kademeli olarak zımparalanmıştır. Metalografik olarak hazırlanmış numuneler sırasıyla %10 NaOH, %10 HCl ve %2'lik  $H_2SO_4$  çözeltilerinde birer dakika bekletilerek ön işlemleri tamamlanmıştır. Ön işlemlerin ardından banyo sıcaklığı her bir kaplama sıcaklığına ( $70 \pm 2$ ,  $80 \pm 2$  ve  $90 \pm 2^\circ C$ ) ulaştığında parçalar banyoda askıda kalacak biçimde yerleştirilerek karıştırma yapılmadan kaplanmıştır. Kaplama sonrasında numuneler,  $55-60^\circ C$  arasındaki saf suya daldırılıp alkolle kurutulmuştur.

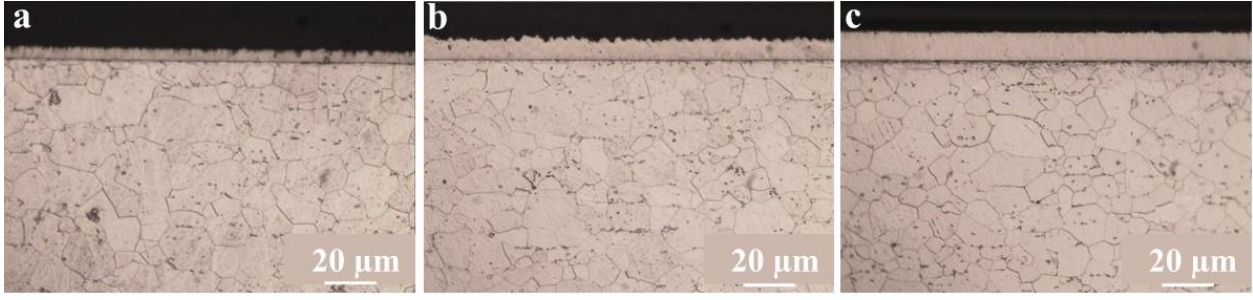
Elektrokimyasal korozyon deneylerinde Gamry Interface 1010B Potansiyostat-Galvanostat cihazı kullanılmıştır. Korozyon deneylerinin tamamı karıştırma yapılmadan 0,1 M NaCl çözeltisinde klasik üç elektrot yöntemi kullanılarak oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Referans elektrot (RE) olarak Ag/AgCl, karşıt elektrot (CE) olarak grafit çubuk; çalışma elektrotu (WE) olarak ise Ni-B kaplı DKP sac numuneler kullanılmıştır.

### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

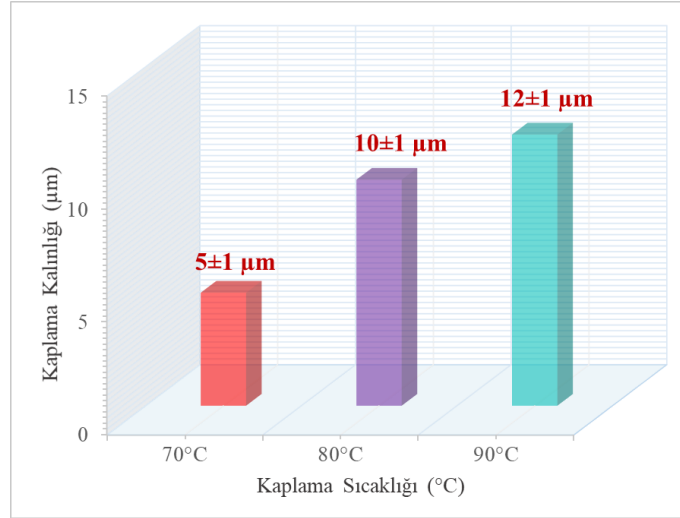
Üç farklı sıcaklıkta kaplanmış sacların optik mikroskop yüzey görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. Her bir kaplama koşulunda yüzeyde karakteristik karnabaharimsi yapının olduğu gözlemlenmiştir. Bununla beraber kaplama banyosu sıcaklığı arttıkça karnabaharimsi yapıdaki nodüllerin boyutları artmaktadır. Üç farklı sıcaklık değeri için elde edilen enine kesit optik mikroskop görüntüleri ise Şekil 3'de verilmiştir. Kaplama kalınlığı ölçümleri için en az beş farklı noktadan kalınlık ölçümü alınıp ortalamaları hesaplanmıştır. Kaplama kalınlıkları  $70^\circ C$ 'de  $5 \pm 1 \mu m$  ile en düşük değerdeyken, bu değeri  $10 \pm 1 \mu m$  ile  $80^\circ C$  ve  $12 \pm 1 \mu m$  ile  $90^\circ C$ 'de yapılan kaplama takip etmektedir. Kaplama kalınlığının sıcaklık ile değişimi gösteren grafik Şekil 4'te verilmiştir.



**Şekil 2.**  $70^\circ C$  (a),  $80^\circ C$  (b) ve  $90^\circ C$ 'de (c) Ni-B kaplanmış sac numunelerin optik mikroskop yüzey görüntüleri

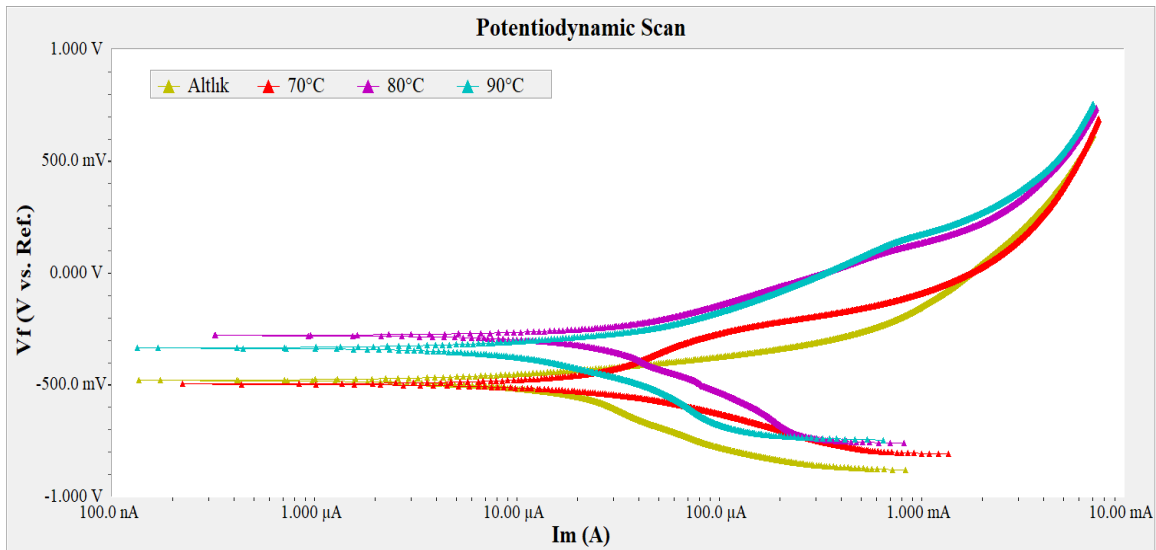


Şekil 3. 70 °C (a), 80 °C (b) ve 90 °C’de (c) Ni-B kaplanmış DKP sac numunelerin enine kesit mikroyapı görüntüleri



Şekil 4. Ni-B kaplanmış DKP sac malzemelerin kaplama sıcaklığına bağlı olarak kaplama kalınlığının değişimini gösteren grafik

Elektrokimyasal korozyon deneylerinden olan potansiyodinamik polarizasyon (PDP) deney sonuçları Şekil 5’te verilmiştir. Tüm koşullara ait eğriler yakın karakteristik göstermiştir. Altlığa göre özellikle 80 ve 90 °C’de kaplama yapılan koşulların eğrileri daha soy bölgeye doğru kaymıştır. Elektrokimyasal korozyon deneylerinin sonuçları toplu şekilde Tablo 3’te yer almaktadır.



Şekil 5. 70, 80, 90°C’de Ni-B kaplanmış DKP sac numunelerin ve altlık malzemenin potansiyodinamik polarizasyon (PDP) deney sonuçları

Ni-B kaplanmış yüzeylere ve altlık malzemeye 0,1 M NaCl çözeltisinde yapılan korozyon deneyleri sonucunda Tablo 3’te verilen  $i_{kor}$  değerleri karşılaştırıldığında kaplanmış sac numunelerinin  $i_{kor}$  değerinin altlık malzemenin  $i_{kor}$  değerinden daha düşük değerde olduğu görülmektedir. Başka bir anlatımla, Ni-B kaplama

altlık malzemenin korozyon direncini iyileştirirken, artan kaplama banyosu sıcaklığı da korozyon direncini olumlu yönde etkilemektedir.

**Tablo 3.** 70, 80, 90 °C’de Ni-B kaplanmış DKP sac numunelerinin ve altlığın elektrokimyasal korozyon sonuçları

Numune ismi	OCP (mV)	E <sub>kor</sub> (mV)	I <sub>kor</sub> (µA)	i <sub>kor</sub> (µA/cm <sup>2</sup> )
Altlık	-275,2	-478,7	19,74	20,77
DKP 70 °C	-288,6	-495,2	16,03	16,87
DKP 80 °C	-283,5	-277,3	15,99	16,83
DKP 90 °C	-282	-333,8	8,56	9,01

## SONUÇ

- Çalışma sonucunda elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir:
- 70, 80 ve 90 °C’de akımsız Ni-B kaplamalar DKP saclar üzerine başarıyla kaplanmıştır.
- Artan kaplama sıcaklığı ile birlikte kaplama kalınlığı da artmıştır.
- Sıcaklık arttıkça yüzeyde oluşan karnabaharimsi yapıdaki nodüllerin boyutunun arttığı görülmüştür.
- Altlık malzemeye yapılan tüm akımsız kaplama işlemleri korozyon direncini olumlu yönde etkilemiştir.
- En iyi korozyon direncine 90 °C’de akımsız Ni-B kaplama yapılan koşulda ulaşılmıştır.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu çalışmaya olan katkılarından dolayı Tosunoğulları Mob. San. ve Tic. A.Ş.’ne teşekkür etmektedirler.

## KAYNAKLAR

- Bülbül, F., Altun, H., Küçük, Ö., & Ezirmik, V. (2012). Tribological and Corrosion Behaviour of Electroless Ni-B Coating Possessing a Blackberry Like Structure. *Metals and Materials International*, 18(4), 631–637. <https://doi.org/10.1007/s12540-012-4011-1>
- Cheong, W. J., Luan, B. L., & Shoesmith, D. W. (2004). The Effects of Stabilizers on the Bath Stability of Electroless Ni Deposition and the Deposit. *Applied Surface Science*, 229(1–4), 282–300. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2004.02.003>
- De, J., Banerjee, T., Sen, R. S., Oraon, B., & Majumdar, G. (2016). Multi-Objective Optimization of Electroless Ternary Nickel-Cobalt-Phosphorous Coating Using Non-Dominant Sorting Genetic Algorithm. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 19(3), 1526–1533. <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2016.04.011>
- Delaunois, F., Petitjean, J. P., Lienard, P., & Jacob-Duliere, M. (2000). Autocatalytic Electroless Nickel-Boron Plating on Light Alloys. *Surface and Coatings Technology*, 124(2–3), 201–209. [https://doi.org/10.1016/S0257-8972\(99\)00621-0](https://doi.org/10.1016/S0257-8972(99)00621-0)
- Durmuş, H., Türkmen, M., & Çalığıülü, U. (2020). Farklı Altlık Malzemelerine Uygulanan WC Kaplamaların Tribolojik Özelliklerinin İncelenmesi. *Technological Applied Sciences (NWSATAS)*, 53(9), 23–28. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kocabaş, M. (2017). *Ön İşlemlenmiş Akımsız Nikel ve Bor Nitrit Takviyeli Akımsız Nikel Kaplanmış Anodize Alüminyum Yüzeylerin Özellikleri*. Doktora Tezi. Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı. Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul
- Shakoor, R. A., Kahraman, R., Gao, W., & Wang, Y. (2016). Synthesis, Characterization and Applications of Electroless Ni-B Coatings: A review. *International Journal of Electrochemical Science*, 11(3), 2486–2512.
- Süzen, M. (2019). *Traktör Emniyet Çerçevesi Üretiminde Kullanılan Yapısal Sac Malzemelerin Şekillendirilmesinin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Analizi*. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Balıkesir Üniversitesi. Balıkesir
- Tunalı, B. (2019). *Otomotiv Endüstrisinde Kullanılan U Formlu DP Sacların Geri Esneme Davranışının İncelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Dumlupınar Üniversitesi. Kütahya
- Vitry, V., Delaunois, F., & Dumortier, C. (2008). Mechanical Properties and Scratch Test Resistance of Nickel-Boron Coated Aluminium Alloy After Heat Treatments. *Surface and Coatings Technology*, 202(14), 3316–3324. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2007.12.001>

## The level and temporal changes of major air pollutants in Körfez, Kocaeli

Kadir Ulutaş (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2931-3559>)

Karabuk University, Engineering Faculty, Department of Environmental Engineering, Karabuk, TURKEY.

Corresponding author e-mail: [kadirulutas@karabuk.edu.tr](mailto:kadirulutas@karabuk.edu.tr)

### Abstract

Nowadays, air pollution is a major environmental problem worldwide. In the report prepared by the Ministry of Environment and Urbanization (MEU), it is stated that the most important environmental problem for Kocaeli is air pollution due to heavy industry, traffic, poor-quality coal use, and although industrial emissions are below the legal limit, the cumulative effect of intensive industrialization increases the level of air pollution. The aim of this study is to evaluate the air quality of Körfez using the data of air quality monitoring station which located approximately 1.5 km east of the largest industrial facilities in Turkey such as Tüpraş, Aygaz. Data of PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> values between 2017-2019 were obtained from the air quality monitoring station established by MEU and used to determine average, minimum, maximum, and standard deviation. Lower values for NO<sub>2</sub> and higher values for SO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> were measured in the evening. higher values were measured for PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub> at night while lower values were observed for PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> in the morning. The lowest values of PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> were seen as 42.83±18.66, 6.79±6.63 and 32.43±14.75 µg/m<sup>3</sup> in 2019, respectively, and the highest values were obtained as 49.97±21.00 µg/m<sup>3</sup> for PM<sub>10</sub> in 2018 and 17.91±14.33, 38.67±16.82 µg/m<sup>3</sup> for SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> in 2017, respectively. O<sub>3</sub> was almost the same for 3 years (45.56±20.11, 45.60±21.28, 45.79±21.20 µg/m<sup>3</sup>). The annual average of PM<sub>10</sub> exceeded the limit value of 40 µg/m<sup>3</sup> in all years. The 24 h limit value of 125 µg/m<sup>3</sup> for SO<sub>2</sub> was exceeded only once in 2017. The 2024 annual target limit value of 40 µg/m<sup>3</sup> for NO<sub>2</sub> was not exceeded in all years. The 8 h limit value of 120 µg/m<sup>3</sup> for O<sub>3</sub> was exceeded 9 times in 2017, 2 times in 2018 and 5 times in 2019.

**Keywords:** Air quality, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>

### INTRODUCTION

Today, air pollution in cities has become one of the most important environmental problems, especially in developing countries. Air pollution, defined as the presence of undesirable material in air, in quantities large enough to produce harmful effects (De never, 1995) on human health and the environment, and cause property damage (EPA, 2020). Undesirable materials are sourced of natural (volcanic eruptions and forest fires) and anthropogenic (industrial activities, traffic) emission and affect air quality depending topographic structure, meteorological conditions (Bari and Kindzierski, 2015). Because health effects from exposure to poor air quality can be change depending the dose and duration of exposure as acute or chronic effects, air pollution is an important environmental risk to health. Although there is air pollution all over the world, people living in low-income cities are most affected. According to the 2018 air quality database, 97% of cities in low- and middle-income countries with a population of more than 100,000 do not comply with WHO air quality guidelines, while this proportion drops to 49% in high-income countries (WHO, 2020). Annually, around 7 million million people to die prematurely in the World, of which 600 thousand were deaths of children under 15 years of age due to exposure from both outdoor and household air pollution (WHO, 2018).

Because the air pollution that occurs in big cities and industrial zones has an effect on both the deterioration of the ambient air quality and climate change (Incecik and İm, 2013). The air pollution due to a series of pollutants such as sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), carbon monoxide (CO), nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>), ozone (O<sub>3</sub>), lead (Pb), and particulate matter (PM) that occurs in big cities and industrial zones has an effect on both the deterioration of the ambient air quality and climate change. There is a National Ambient Air Quality Standards called as "criteria air pollutants" that set by EPA for six major air pollutants (EPA, 2020). These six air pollutants are investigated with 355 air quality monitoring networks in Turkey by Ministry of Environment and Urbanization (MEU).

PM refers to particulate matter and it is also known as particle pollution. Often the PM particle is occurred in the air as a product of chemical interaction between pollutants. PM is used to express the mixture of solid particles and liquid droplets in the atmosphere. Particle sizes can be large enough to be seen or too small to be seen with the naked eye. PM<sub>10</sub>, known as the most common pm contaminant, typically refers to respirable particles that are 10 micrometers or less in diameter. SO<sub>2</sub> is formed in the atmosphere because of combustion

of either sulfur or materials containing sulfur.  $\text{SO}_2$  is the most important component of  $\text{SO}_x$  group compounds. therefore, it is used as an indicator for the group gaseous  $\text{SO}_x$ . The primary source of  $\text{NO}_2$  in the atmosphere is fuel combustion.  $\text{NO}_2$  is therefore used as an indicator to determine the impact of traffic-borne pollutants. Ground-level ozone can cause different health problems in children, the elderly, and asthma patients. Low ozone levels make breathing easier. Therefore, it is desirable to keep the ozone level under control (EPA, 2020).

According to the Circular no. 2013/37 (MEU, 2013) Kocaeli has high air pollution potential. In addition In report (MEU, 2018) it is also stated that the air pollution is primary environmental problem in Kocaeli. Therefore, in this study, the air quality of the region was evaluated in terms of  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$  and  $\text{O}_3$  pollutants according to the data of Körfez air quality monitoring station located near large industrial establishments.

## MATERIALS AND METHODS

### Study area

Kocaeli, is located ( $40.852^\circ\text{N}$   $29.878^\circ\text{E}$ ) in Marmara Region has an area of  $3294.66 \text{ km}^2$ . Körfez, one of the 13 district of Kocaeli has an area of  $301 \text{ km}^2$ . Körfez is located the north of the Marmara Sea, in the west of the Derince district and in the east of the districts of Gebze and Dilovası. Its population is 165,503. In addition to large industrial facilities, there are D-100 and E-80 highways with heavy traffic potential and ports with large business potential in Körfez (Fig. 1).



Figure 11. Körfez Physical Map

### Climatic condition

Because the Marmara transition climate is dominant in Kocaeli, where the common features of the Black Sea and Mediterranean climates are observed, the precipitation events that occur show the characteristics of the two climates. The long years of climate data taken into consideration in this study belong to Kocaeli province and were obtained from the General Directorate of Meteorology (MGM, 2020).

According to average temperatures, the highest temperature in Kocaeli was seen in August ( $23.8^\circ\text{C}$ ). The lowest temperature was seen in January ( $6^\circ\text{C}$ ). According to monthly averages, the highest and lowest temperature difference is  $17.8^\circ\text{C}$ . The annual average temperature, which shows the temperate climate characteristics, is  $14.8^\circ\text{C}$ . According to the data of the General Directorate of Meteorology between the years 1929-2019, the highest rainfall was seen in December ( $110.8 \text{ mm}$ ), while the lowest rainfall was seen in August ( $44 \text{ mm}$ ) (Table 1).

**Table 6.** Meteorological data for Kocaeli Province according to between 1929-2019

Measurement Period (1929 - 2019)	January	February	March	April	May	June	July	August	September	October	November	December	Yearly
Average Temperature (°C)	6	6,5	8,5	12,9	17,5	21,6	23,7	23,8	20,4	16	12	8,2	14,8
Average Sunbathing Time (hours)	2,5	3	4	5,7	7,2	8,9	9,5	9	7,1	4,7	3,5	2,5	67,6
Average Rainy Days (mm)	16,8	14,8	13,6	11,2	9,7	8,1	5,7	5	7,1	11,3	12,1	16,1	131,5
Average Monthly Total Rainfall (mm)	91,9	75,4	70,7	51,5	47,9	54,8	45	44	60,1	85,7	78,6	110,8	816,4

### Data Collection and Method

Total 355 air quality monitoring stations located in Turkey and 13 of them are in Kocaeli. The data of PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> obtained from Körfez air quality monitoring station (KAQMS) was used to evaluate the air quality between 2017-2019 (MEU, 2020). The data of KAQMS is important to evaluate pollutants such as PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> from industry, traffic and residents sources because it is located (29.7888, 40.7460) approximately 1.5 km east of the largest industrial facilities in Turkey and south of D-100 highway and residential area (Fig. 2).



**Figure 12.** Location of Air Quality Monitoring Station (Google Earth)

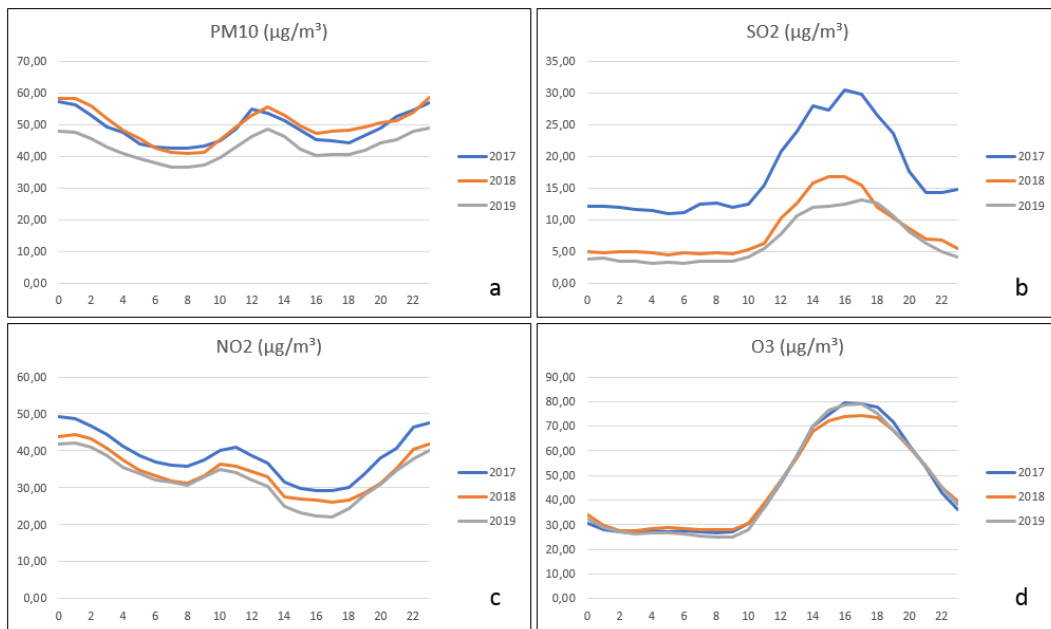
In this study, the datasets for PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> during 2017-2019 were evaluated based on mean, standard deviation, minimum and maximum data by using graphical and statistical approaches. The averages of hourly values for the study period were analyzed according to a 24-hour scale. Thus, the highest pollution hour was achieved during the day. Also, using hourly evaluations, the difference between day and night was determined. In addition, all data were evaluated monthly, seasonally, and yearly for each pollutant. The next evaluations were made according to the number of days that cannot be measured and the number of exceeding of limit values. Finally, the results were examined according to the relevant regulations, EU daily and annual limit values.

### RESULTS and DISCUSSION

Hourly averages of all data were calculated. The hourly change in the concentration of pollutants is presented in figure 3. Thus, it was determined at which time of the day each pollutant has the highest and lowest value by evaluating it on a 24-hour scale. The minimum values for PM<sub>10</sub> concentrations were observed in the morning hours (07: 00-08: 00) and the maximum values were observed in the night hours (23: 00-00: 00). The minimum values for SO<sub>2</sub> concentrations were observed in the early morning hours (04: 00-05: 00-07: 00), and the

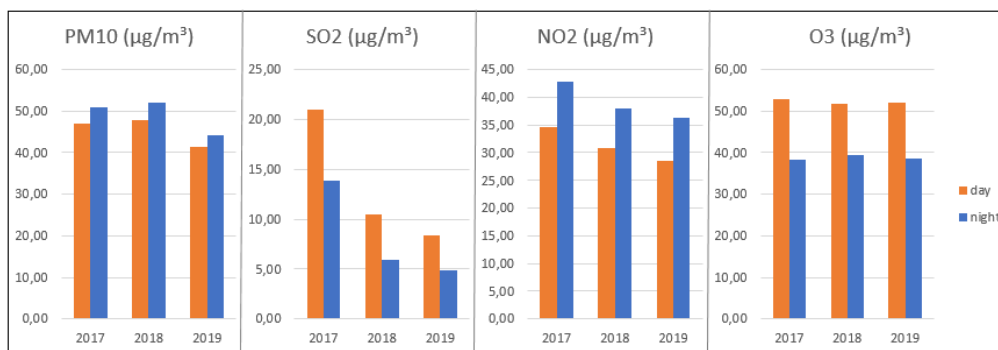


maximum values were observed in the evening (16: 00-17: 00). The minimum values for NO<sub>2</sub> concentrations were observed in the evening hours (17:00), and the maximum values were observed in night hours (00: 00-01: 00). The minimum values for O<sub>3</sub> concentrations were observed in the early morning hours (03: 00-08: 00) and the maximum values were observed in the evening (16: 00-17: 00-18: 00). There is an inverse relationship between O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> concentrations. This can be caused by a photochemical reaction. There is also a similarity between the O<sub>3</sub> and SO<sub>2</sub> concentrations. In daytime, high SO<sub>2</sub> values may indicate that industrial plants are also active (Sari vd, 2019). All pollutants, except O<sub>3</sub>, tend to have highest concentrations at morning time (08:00–12:00) when residential heating and traffic are generally peak levels, while they tend to have their lowest concentrations at night time (02:00–06:00) when residential heating and traffic are usually the lowest levels (Sari vd, 2019).



**Figure 13.** Hourly Concentration of Pollutants a) PM<sub>10</sub>, b) SO<sub>2</sub>, c) NO<sub>2</sub>, d) O<sub>3</sub>

In all years, daytime and nighttime measurements are higher for PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub> values than daytime measurements, while daytime measurements for SO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub> values are higher than night measurements. Although PM<sub>10</sub> concentrations were expected to be higher during the daytime, they were higher at night. This may be due to the station being on the coast and the effect of the wind from the sea. SO<sub>2</sub> values were higher during daylight hours as expected due to industrial activities. Although NO<sub>2</sub> values are generally high in the morning and afternoon hours, they are higher at night according to average values as in similar studies (Sari vd, 2019; De Foy, 2018). Due to photochemical reactions, O<sub>3</sub> daytime values are naturally seen higher than at night.



**Figure 14.** Day-Night Concentration of Pollutants a) PM<sub>10</sub>, b) SO<sub>2</sub>, c) NO<sub>2</sub>, d) O<sub>3</sub>

Moreover the evaluations were made according to months and seasons for all pollutants. Pollutant concentrations except O<sub>3</sub> are usually higher due to low temperature, stagnant weather and thermal variations in winter season (Tripathi vd, 1996). O<sub>3</sub> concentration is generally higher in summer season. In this study,

results in accordance with this general rule were obtained. The minimum values in 2017 and the maximum values in 2018 for PM<sub>10</sub> concentrations were seen in January in the winter and in April in the spring, respectively. For other years the minimum and maximum values were seen in July in the summer and in November in the autumn season. The minimum values in 2017 and the maximum values in 2018 for SO<sub>2</sub> concentrations were seen in November in the autumn and in January in the winter, respectively. For other years the minimum and maximum values were seen in July and August in the summer and in March in the spring season. The minimum values for NO<sub>2</sub> concentrations were seen in August in the summer, and the maximum values were seen in April in the spring for 2018-2019 and November in the autumn season for only 2019. The minimum values for O<sub>3</sub> concentrations were seen in November for 2017 and December in the winter, and the maximum values were seen in July for 2018 and August for 2017 and 2019 in the summer season.

EU Directive and Turkey Regulation of Air Quality Assessment and Management (RAQAM) limit values for PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> are shown in Table 2 (EU, 2008; RAQAM, 2009).

**Table 7.** Regulation limits for the pollutants

Pollutant	Exposure	RAQAM (µg/m <sup>3</sup> )			EU Directive (µg/m <sup>3</sup> )
		2017	2018	2019	
PM <sub>10</sub>	24 h average	70	60	50 <sup>1</sup>	50
SO <sub>2</sub>	24 h average	175	150	125 <sup>2</sup>	125
SO <sub>2</sub>	1 h average	410	380	350 <sup>3</sup>	350
NO <sub>2</sub>	1 h average	270	260	250 <sup>4</sup>	200
O <sub>3</sub>	8 h average	120	120	120 <sup>5</sup>	120

1 not to be exceeded limit value more than 35 days per year

2 not to be exceeded limit value more than 3 days per year

3 not to be exceeded limit value more than 24 days per year

4 not to be exceeded limit value more than 18 days per year

5 not to be exceeded limit value more than 25 days 3-year average

When the 24 h averages of PM<sub>10</sub> values were taken into account, the limit values proposed by RAQAM was exceeded 51 and 86 while EU limit value was exceeded 149 and 142 times in 2017 and 2018, respectively. The limit values of 50 µg/m<sup>3</sup> proposed by RAQAM and EU was exceeded 98 times in 2019. The annual average values of PM<sub>10</sub> in 2017, 2018 and 2019 were found to be 49.01±20.52, 49.97±21.00 and 42.83±18.66 µg/m<sup>3</sup>, respectively. The annual limit value of 40 µg/m<sup>3</sup> for all years have been exceeded. It has been determined that for SO<sub>2</sub> the 1-hour limit values of RAQAM and EU Directive were exceeded 6 and 9 times, respectively and the 24-hour limit values of EU Directive were exceeded only once in 2017. It has been determined that the 1-hour limit values for NO<sub>2</sub> µg/m<sup>3</sup> were never exceeded in all sampling years. The annual average values for the years 2017, 2018 and 2019 were 38.67±16.82, 34.46±15.33, and 32.43±14.75 µg/m<sup>3</sup> respectively. The annual limit value of 40 µg/m<sup>3</sup> for all years have not been exceeded. The limit value of 120 µg/m<sup>3</sup> for O<sub>3</sub> for 8-hour averages was exceeded 9, 2, and 5 times in 2017, 2018, and 2019, respectively.

Finally the number of unmeasured days of 24-hours period for PM<sub>10</sub> was found 1, 10, and 7 in 2017, 2018, and 2019 respectively. the number of unmeasured days of 24-hours period for SO<sub>2</sub> was determined as 25, 24, and 38 in 2017, 2018, and 2019, respectively. While the number of unmeasured days decreased in 2019 for PM<sub>10</sub>, there was an increase for SO<sub>2</sub>.

## CONCLUSION

Measurements of PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and O<sub>3</sub> pollutants were carried out in the Körfez District of Kocaeli for 3 years. The annual average concentrations were found as 42.83±18.66, 6.79±6.63, 32.43±14.75, and 45.60±21.28 µg/m<sup>3</sup>, respectively for 2019. In addition, the measured concentrations of pollutants were compared with the limit values of certain regulations such as RAQAM and EU Directive in force around Turkey and Europe. According to comparison, it was observed that PM<sub>10</sub> clearly violated the limit values, O<sub>3</sub> exceeded the limit values at sometimes, and SO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> limit values were never exceeded in 2019. Kocaeli is one of the provinces with intensive industries in Turkey. Therefore, the cumulative effect of intensive industrialization may cause an increase in the level of air pollution, although the emissions of industrial establishments are below the legal limit. As a result, increases in the pollution level can be seen from time to time.

## REFERENCES

- De Nevers N 2010. Air pollution control engineering. Waveland press.
- EPA 2020. Criteria Air Pollutants. Available at: <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants> [20.09.2020]
- Bari M, Kindziarski WB 2015. Fifteen-year trends in criteria air pollutants in oil sands communities of Alberta, Canada. Environment international, 74, 200-208.
- WHO 2020. WHO Global Ambient Air Quality Database (update 2018). Available at: <https://www.who.int/airpollution/data/cities/en/> [20.09.2020]
- WHO 2018. First WHO Global Conference on Air Pollution and Health. World Health Organisation. Available at: <https://www.who.int/airpollution/events/conference/en/> [20.09.2020]
- İncecik S, İm U 2013. Megaşehirlerde Hava Kalitesi ve İstanbul Örneği, Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi, 2-133-145.
- MEU 2013. 09.09.2013 Tarihli ve 88462725-010-31677 sayılı Genelge. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.
- MEU 2018. Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu, Yayın No:40. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Available at: [https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/cevre\\_sorun\\_2018-20180702151156.pdf](https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/cevre_sorun_2018-20180702151156.pdf) [20.09.2020]
- MGM 2020. İllerimize ait resmi istatistikler. Available at: <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KOCAELI> [20.09.2020]
- MEU 2020. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı | Ulusal Hava Kalite İzleme Ağı. Available at: <https://sim.csb.gov.tr/Services/AirQuality> [20.09.2020]
- Tripathi BD, Chaturvedi SS, Tripathi RD 1996. Seasonal variation in ambient air concentration of nitrate and sulfate aerosols in a tropical city, Varanasi. Atmospheric Environment, 30(15): 2773–2778.
- De Foy B 2018. City-level variations in NOx emissions derived from hourly monitoring data in Chicago. Atmospheric Environment, 176:128–139.
- Sari MF, Tasdemir Y, Esen F 2019, Major air pollutants in Bursa, Turkey: their levels, temporal changes, interactions, and sources, Environmental Forensics, 20:2, 182-195.
- RAQAM 2008. Regulation of Air Quality Assessment and Management. Ministry of Environment and Urbanisation, 26898, 06.
- EU. 2008. Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Official Journal of the European Communities 152:1–43. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:152:0001:0044:en:PDF> [20.09.2020]

## Türkiye’de gıda denetimlerinde kamuoyu duyuruları(ifşa)

Mehmet BEYKAYA (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2594-5011>)

Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Ankara, Türkiye

mb-kaya@hotmail.com

### Özet

Tarım ve Orman Bakanlığı, 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu’nun vermiş olduğu yetki ile gıda, gıda ile temas eden madde ve malzeme ile yemlerin üretim, işleme ve dağıtımının tüm aşamalarına ilişkin resmî kontrolleri(denetimler) ve yaptırımlara yönelik faaliyetleri yürütür. Bu Kanunun 31. Maddesinin 4. fıkrası ve Gıda ve Yem Resmî Kontrollerine Dair Yönetmeliğin 8. maddesi gereği İllerde, özellikle taklit ve tağşiş yapıldığı laboratuvar sonuçları ile kesinleşen gıda ve yemi üreten/ithal eden firmanın adı, ürün adı, markası, parti ve/veya seri numarasının Bakanlığın resmi internet sitesinde kamuoyunun bilgisine sunabileceği hükmü yer almaktadır. Bu çalışmada Tarım ve Orman Bakanlığının 2015 yılından 2020 yılının ilk dönemine kadar çeşitli tarihlerde yapmış olduğu 6 adet kamuoyu duyurusu(İfşa) incelenmiştir. Bakanlık, ilk kamuoyu duyurusunun(ifşa) yapıldığı 2012 yılından, 14.02.2020 tarihine kadarki dönemde, toplamda 1486 firma ve 3301 parti ürünün ifşasını gerçekleştirmiştir. Yapılan incelemede bahse konu dönemlerde Alkollü İçeceklerde toplamda 8 adet, Balda 227 adet, Baharatta 19 adet, Bitki Çayı ve Kahve ürünleri 29 adet, Bitkisel yağ ve margarin 410 adet, Çikolata-enerji İçeceği ve şekerli mamuller 172 adet, Et ve et ürünleri 923 adet, Kuruyemiş ve çerezler 4 adet, Meyve ve sebze işleme 3 adet, Süt ve süt ürünleri 673 adet, Takviye edici gıdalar vb. ürünler 157 adet ve Zeytinyağında 1628 adet parametrede Türk Gıda Kodeksine(TGK) aykırılık tespit edilmiştir. Böylelikle 5996 Sayılı Kanunun 40. Maddesinin L bendine göre para cezası kesilmiş ve sonrasında Taklit ve Tağşiş yapıldığı kesinleşen bu firma ve ürünleri kamuoyuna(ifşa) duyurusu sağlanmıştır. Bu konuda yaptırımların titizlikle yürütülmesi kamu otoritesinin sorumluluğunda olmasının yanı sıra tüketiciler ile diğer kurum ve kuruluşlar, üniversiteler ve ilgili STK’larında çalışmalara katılım sağlaması Ülkemizde bireylerin sağlıklı gıdaya erişimi açısından son derece önemlidir. Bu çalışmada Bakanlığın kamuoyu duyuruları(ifşa) sürecinin nasıl yapıldığı süreç de hangi usul ve esasların gözetildiği ayrıca ifşaya konu değerlendirmelerin neye göre yapıldığı ele alınmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Taklit, Tağşiş, Resmi kontrol, Kamuoyu duyurusu(ifşa)

### Public announcements in food inspection in Turkey (disclose)

#### Abstract

Ministry of Agriculture and Forestry, conducts the official controls (inspections) and sanctions regarding food, substances and materials that come into contact with food and all stages of the production, processing and distribution of food and feed with the authorization given by the Veterinary Services, Plant Health, Food and Feed Law No 5996. In accordance with the 4th paragraph of Article 31 of this Law and Article 8 of the Regulation on Official Controls of Food and Feed, there is a provision that the name, product name, brand, party and / or serial number of the company that produces / imports food and feed commits imitation and adulteration as confirmed by the laboratory results can be made available to the public on the official website of the Ministry. In this study, 6 public announcements (Disclosures) made by the Ministry of Agriculture and Forestry on various dates from 2015 to the first period of 2020 were examined. The Ministry realized the disclosure of 1486 companies and 3301 batches of products in total from 2012, when the first public announcement was made, until February 14, 2020. Within the mentioned period contrariness to the Turkish Food Codex has been detected in a number of parameters as: 8 in Alcoholic Beverages, 227 in Honey, 19 in Spices, 29 in Herbal Tea and Coffee Products, 410 Vegetable Oil and Margarine, 172 in chocolate-energy drinks and sugar products, 923 in meat and meat products, 4 in nuts and snacks, 3 in fruit and vegetable processing, 673 in milk and dairy products, 157 in supplements and 1628 in olive oil. Thus, a fine was imposed in accordance with clause L of Article 40 of Law No. 5996, and a public (disclosure) announcement was made for these companies and their products, which were later confirmed to be imitated and adulterated. In addition to being the responsibility of the public authority to enforce the sanctions meticulously in this regard, it is extremely important for individuals, other institutions and organizations, universities and relevant NGOs in our country to participate in these efforts in terms of access to healthy food. In this study, how the Ministry's public announcements (disclosure) process is made, which procedures and principles are followed, and how the evaluations subject to disclosure are made are discussed.

**Keywords:** Imitation, Adultery, Official control, Public announcement (disclosure)

## GİRİŞ

Gıdanın insan hayatının vazgeçilemez en temel ihtiyacı olması, toplum sağlığı ve gelişimi bakımından büyük önem taşıması, bu alanda çalışan işletme ve aracı faaliyetlerinde bulunanların artışı ve etkinliği, gıda güvenliği ve güvenilirliğinin politika aracına dönüşmesi gibi nedenler günümüzün en önemli konularından biri haline gelmesine neden olmuştur. Günümüzde bu alanlarda hükümetlerin yürüttükleri politikalar ve işletmelerin stratejileriyle ‘sürdürülebilir gıda üretimi ve tüketimi’ yönünde çalışmalar artmaktadır (TTGV, 2011). Bu nedenle, gıda üretimi ve gıda güvenliği ile birlikte gıda işletmelerine uygun hammadde temini koşullarının sağlanması ve tüketicinin ihtiyacı olan güvenilir gıdaya ulaşım konuları giderek daha fazla önem kazanmaktadır.

Türkiye’de AB’ye uyum kapsamında 5996 sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu yürürlüğe girmiştir (13 Haziran 2010). Kanunun amacında, gıda ve yem güvenliliğini, halk sağlığı, bitki ve hayvan sağlığı ile hayvan ıslahı ve refahını, tüketici menfaatleri ile çevrenin korunması da dikkate alınarak korumak ve sağlamak konularına yer verilmiştir. Bu kanunla birlikte, gıda politikaları bütünüyle yenilenmiş ve AB mevzuatına uyum sağlanmıştır.

5996 No.lu Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda Ve Yem Kanunu Madde 21’de gıda güvenliğinin şartları; insan sağlığına uygun gıdalar üretilmesi ve tüketime sunulması, güvenilir olmayan gıdaların ve gıdayla temas eden maddelerin piyasaya sunulmaması, gıdaların güvenliliğinin belirlenmesinde üretim, işleme ve dağıtım aşamaları, etiket bilgileri ve sağlıkla ilgili uyarı niteliğindeki bilgiler ile insanlar tarafından günlük normal kullanım koşulları dikkate alınması, gıdaların insan sağlığına olumsuz etkilerinin yalnızca kısa değil uzun vadede de oluşabilecek tesirlerin araştırılması, gıdaların çürüme, bozulma, kokuşma durumlarının göz önüne alınması, aynı seri, parti veya sevkiyattaki gıdaların bir kısmının güvenilir olmadığını tespit edilmesi durumunda geri kalanların kapsamlı incelemeye alınması, güvenliliği kanıtlanamaması halinde o parti, seri ve sevkiyattaki tüm gıda maddelerinin güvenilir olmadığını kabul edilmesi, bakanlığın belirlediği tüm güvenlik şartlarına uysa dahi güvenliliğinden şüphe duyulan gıda maddelerinin arzının kısıtlanması veya arz edilen ürünlerin piyasadan toplanmasıdır.

Kanun kapsamında, gıda güvenliği ve güvencesinin sağlanması amacıyla Gıda Hijyeni Yönetmeliği, Gıda İşletmelerinin Kayıt ve Onay İşlemlerine Dair Yönetmelik, Gıda ve Yemin Resmi Kontrollerine Dair Yönetmelik olmak üzere toplamda 105 alt mevzuat hazırlanarak yayımı sağlanmış ayrıca Alo 174 Gıda Hattı gibi pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir.

## Gıda Güvenliği

Türk Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu (TGDF, 2011). Çiftlikten Çatala Gıda Güvenliği çalışmasında Ülkemizde, Gıda Güvenliği ve Kalitesinin Denetimi ve Kontrolüne Dair Yönetmelik içeriğinde, gıda güvenliği, gıdalarda olabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve tüm zararların elemine edilmesi için gerekli olan önlemler olarak da tanımlanır. Ayrıca, TGDF gıda güvenliğini “sağlıklı ve kusursuz gıda üretimini sağlamak amacıyla gıdaların üretim, işleme, muhafaza ve dağıtımları sırasında gerekli kurallara uyulması ve önlemlerin alınması” şeklinde de ifade etmektedir.

Gıda güvenliği kavram olarak, gıdalarda oluşabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik, her türlü riskin elemine edilmesi için gerekli olan bütün önlemler olarak tanımlanır. Ayrıca FAO, WHO ve Codex Alimentarius uzmanlar komisyonu, sağlıklı ve güvenilir gıda üretimi için gıdaların üretim, işleme, muhafaza ve dağıtım esnasında gerekli kurallara uyulması ve önlemlerin alınması olarak da ifade etmiştir. Günümüzde bu tanımlamalar, kontrol ve denetimin etkinliği ve tüketici sağlığını koruyabilme hedefiyle Amerika Birleşik Devleti ve Avrupa Birliği ülkelerinin yer aldığı ülkelerde gıda kontrol otoritelerince “çiftlikten sofraya gıda güvenliği” olarak belirtilir (Artık ve ark., 2013).

Gıda güvenliği, gıdada oluşabilecek fiziksel, kimyasal, biyolojik ve tüm zararların elemine edilmesini sağlayacak tedbirlerin bütünüdür. Güvenli gıda kavramına daha spesifik bakıldığında; amacına uygun hazırlanmış fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik özelliklerinin tüketime uygun olduğu ve besin değerinin korunduğu gıdalar anlaşılmaktadır (Yaralı, 2017).

Tarım ve Orman Bakanlığının 2018-2022 stratejik planında stratejik amaçlardan bir tanesi; “Hammaddelerin elde edildiği ilk aşamadan itibaren her türlü gıda maddesinin ve gıda ile temasta bulunan madde ve malzemelerin üretimi, işlenmesi, muhafazası, depolanması ve pazarlanması aşamalarında uluslararası standartlara uygun olarak gıda güvenliğini temin etmek ve tüketici sağlığını en üst seviyede korumak amaçlanmaktadır” olarak ifade edilir.

Gıda güvenliğinin 4 temel prensibi bulunmaktadır. Bunlar; gıdaların sağlığa zararlı ve arzu edilmeyen etkenlere bulaşmasını önleme, bu etkenlerden uzaklaştırma (eliminasyon), zararlıların çoğalmasını ve yayılmasını durdurma (inhibisyon) ve uygun yöntemlerle etkisiz hala getirilmesidir (Tayar, 2014).

### Gıda Denetimlerinde Kamu Otoritesinin Görevi

“Denetim” kelimesi, işitme anlamına gelen Latince “auditus” kelimesinden gelir. Denetim prosedürü genellikle bir standarda uyumu doğrulamak için dokümantasyon incelemesi, kontrol ve ilgilisiyle gerekli görüşmelerin yapılmasını içerir. Geleneksel denetimler, işletmelerin fiziksel yapısını, prosesi ve temizlik durumunu görsel olarak değerlendirir ancak bunlar her zaman genel değerlendirmede en iyi göstergeler olmayabilir. Yeni denetim anlayışı, hammaddenin hazırlık aşamasından sevkiyata kadar olan tüm üretim sürecinde çok detaylı incelenmeyi içermektedir (Griffith, 2005).

Kamu otoritesi, tüketicilere güvenli ve sağlıklı gıda temini için mevzuat düzenlemeleri yapmak ve bu düzenlemeler ışığında sistem kurarak çeşitli mekanizmalar eşliğinde hammaddenin ilk basamağından nihai ürüne kadarki gıda zincirinin her aşamasında kontrol ve izleme görevini ifa etmek zorundadır. Piyasada pazarlanan gıda ürünlerini denetlemek tüketicilerin sağlığını ve çıkarlarını korumak kamu otoritesinin sorumluluğundadır. Bu durum gıda zincirinin, çiftlikten çatala, birincil üretim, yiyecek işleme, depolama, nakliye, perakende satış ve yem dâhil tüm yönlerini dikkate alan etkili gıda kontrol sistemlerinin uygulanmasıyla sağlanabilir (Beykaya, 2020).

Kamu otoritesi gıda güvenliği çalışmalarında, gıda endüstrisini yeterli bir şekilde kontrol etmemesi ve sıklıkla kusurlu gıda maddelerinin tüketicilere ulaşmasını engelleyememesi nedeniyle eleştirilmektedir. Maksimum seviyede bir gıda güvenliği için hazırlanan yasalar ve düzenlemeler değişen gıda güvenliği koşullarına yeterince cevap veremediğinden gerekli tepkilerin verilmesini de geciktirmektedir. Bununla birlikte, kamu otoritesi desteği olmadan, çeşitli gıda kaynaklı hastalıkların kaynağının belirlenmesi, kusurlu gıdaların toplatılması işletmecilerin sorumlulukların ve hesap verebilirliğin belirlenmesine yönelik çabalar sınırlı olacaktır. Ancak kamu otoritesi, uygunsuz gıdaların tespit edilmesi sürecine yardımcı olmasının yanında ülkelerin işleyen süreçlerinin gerçekte olduğundan daha iyi algısını yansıtmaya ve bir rahatlama duygusu yaratmaya, tüketicilerin gıda seçimlerinde daha az hassasiyet göstermelerine de neden olabilmektedir (Skees ve ark., 2001).

Kamu otoritesi yine bu gereklilikleri sağlama adına gıda işletmelerini eğitim, denetim ve çeşitli uygulamalarla takip ederek sürekli kontrol altında tutmalıdır. Ulusal gıda denetiminin uygulanması, izleme programlarının oluşturulması ve uygulanan kontrollerin gıda güvenliğini sağlamak için gerçekten yeterli olup olmadığı da kamu otoritesi tarafından doğrulanmalıdır. Tüketicilerin sağlığının ve çıkarlarının en iyi şekilde korunmasını sağlamak için, kamu otoritesi gıda güvenliği konularında ihtiyaç duyulan tüm bilgileri halka açıklaması gerekmektedir (Reilly ve ark., 2009).

### Ülkemizde Gıda Denetimleri

Tarım ve Orman Bakanlığı, 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu'nun vermiş olduğu yetki ile gıda, gıda ile temas eden madde ve malzeme ile yemlerin üretim, işleme ve dağıtımının tüm aşamalarına ilişkin resmî kontrolleri(denetimler) ve yaptırımlara yönelik faaliyetleri yürütür.

Bu yasada gıda denetimleri, Resmî kontrol olarak; Bu Kanun kapsamındaki faaliyetlerin bu Kanun hükümlerine uygunluğunun doğrulanması için, kontrol görevlilerinin, verilen yetki çerçevesinde gerçekleştirdikleri izleme, gözetim, denetim, muayene, karantina, numune alma, analiz ve benzeri kontroller olarak tanımlanır (Anonim, 2010).

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından denetim faaliyetlerini, risk esaslı denetim prosedürüne göre, gıdanın içeriğine bağlı olarak yılda bir veya birden fazla sayıda yapılmaktadır. Gıda üretim yerleri ve özellikle hayvansal orjinli olanlar insan sağlığı açısından risk oluşturması sebebiyle daha sık denetime tabi olurken satış ve toplu tüketim yerlerinde bu oran daha az olmaktadır (Beykaya, 2020).

Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde Gıda Kontrol Görevlileri tarafından yapılan resmi kontroller:

Uygun sıklıkta,

Tarafsız,

Şeffaf,

Mesleki gizlilik ilkelerine uygun, olarak önceden haber verilmeksizin gerçekleştirilmektedir.

## Taklit ve Tağış

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ve haksız kazanç için ekonomik nedenlerle gıdalarda taklit ve tağış oldukça artış göstermiştir. Taklit ve tağış tanımı yapılırken ülkemizdeki tüm gıda üretiminin bu şekilde olduğu algısı kesinlikle doğru değildir. Çünkü Tarım ve Orman Bakanlığınadan kayıt ve onay alarak üretim yapan firmalar belli kurallara mutlak uymak zorundadır. Aksi halde hem ceza almakta ve hem de firmalarının isimleri ve ürünleri basında olumsuz şekilde yer almakta ve firmalar çok önemli zarara ve itibar kaybına uğramaktadırlar.

**Taklit:** Gıda maddesinin ve gıda ile temasta bulunan madde ve malzemelerin şekil, bileşim ve nitelikler itibarıyla kendisinde olmayan özellikleri sahip gibi gösterilmesidir. Ürünlerin, şekil, bileşim ve nitelikleri itibarıyla yapısında bulunmayan özelliklere sahip gibi veya başka bir ürünün aynısıymış gibi göstermektir.

Meyve şurubunun üzüm pekmezi olarak pazarlanması, yine bitkisel kökenli bir yağın aromalarla ve katkı maddeleri ile tereyağına benzetilerek tereyağı olarak satılması taklitle örnek verilebilir.

**Tağış:** Gıda maddelerinin ve gıda ile temasta bulunan madde ve malzemelerin, mevzuata veya izin verilen özelliklerine aykırı olarak üretilmesi halini tanımlamaktadır. Tağış diğer bir ifade ile; ürünlere temel özelliğini veren öğelerin ve besin değerlerinin tamamının veya bir bölümünün mevzuata aykırı olarak çıkarılmasını veya miktarının değiştirilmesini veya aynı değeri taşımayan başka bir maddenin, o madde yerine aynı maddeymiş gibi katılması olarak değerlendirilebilir.

Gıda maddesinin mevzuata veya izin verilen özelliklerine aykırı olarak üretilmesi hali; bir şeye yabancı bir şey karıştırarak sağlığını bozma; katıştırma şeklinde de tanımlanmaktadır. Bu konuyu örnekle açıklamak gerekirse; tereyağına bitkisel yağ katılarak tamamen tereyağı gibi satılması, peynire nişasta katılması, nar ekşisine, zeytinyağına diğer yağların ve bala glikoz ve fruktoz şurubu katılması bir tağış örneğidir.

İllerde denetim programı veya şikayet sonrası yapılan resmi kontrollerde alınan numunelerin Bakanlığa bağlı İl Gıda Kontrol Laboratuvarlarında yapılan analizler sonrası Türk Gıda Kodeksi(TGK) mevzuatlarına uygunsuzluğu tespit edilen ürünleri üreten firmalara 5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu'nun Gıda ve yem ile ilgili yaptırımlar başlığı altında 40. maddesinin L bendi gereği para cezası uygulanmaktadır.

Sonrasında İller tarafından bu firmalara ait dosyalar kamuoyu duyurusu(ifşa) için Gıda ve Kontrol Genel Müdürlüğü bünyesinde teşekkül ettirilmiş «Gıda İfşa Komisyonunda» nihai değerlendirilme yapılmak üzere Bakanlığa gönderilir. Komisyonun yaptığı usul değerlendirmesinden sonra firmalara ait bilgiler Bakanlığın resmi internet sitesinden kamuoyuyla paylaşılır.

5996 Sayılı Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu'nun 31. Maddesinin 4. fıkrası ve Gıda ve Yem Resmî Kontrollerine Dair Yönetmeliğin 8. maddesi gereği İllerde, özellikle taklit ve tağış yapıldığı laboratuvar sonuçları ile kesinleşen gıda ve yemi üreten/ithal eden; Firmanın adı, ürün adı, markası, parti ve/veya seri numarası Bakanlığın resmi internet sitesinde Kamuoyunun bilgisine sunulmaktadır.

## TARTIŞMA

Bu çalışmada Tarım ve Orman Bakanlığının 2015 yılından 2020 yılının ilk dönemine kadar çeşitli tarihlerde yapmış olduğu 5 adet kamuoyu duyurusu(İfşa) incelenmiştir.

Bakanlık, ilk kamuoyu duyurusunun(ifşa) yapıldığı 2012 yılından, 14.02.2020 tarihine kadarki dönemde, toplamda 1486 firma ve 3301 parti ürünün ifşasını gerçekleştirmiştir.

Yapılan incelemede bahse konu dönemlerde ;

Alkollü İçeceklerde toplamda 8 adet, Balda 227 adet, Baharatta 19 adet, Bitki Çayı ve Kahve ürünleri 29 adet, Bitkisel yağ ve margarin 410 adet, Çikolata-enerji İçeceği ve şekerli mamuller 172 adet, Et ve et ürünleri 923 adet,

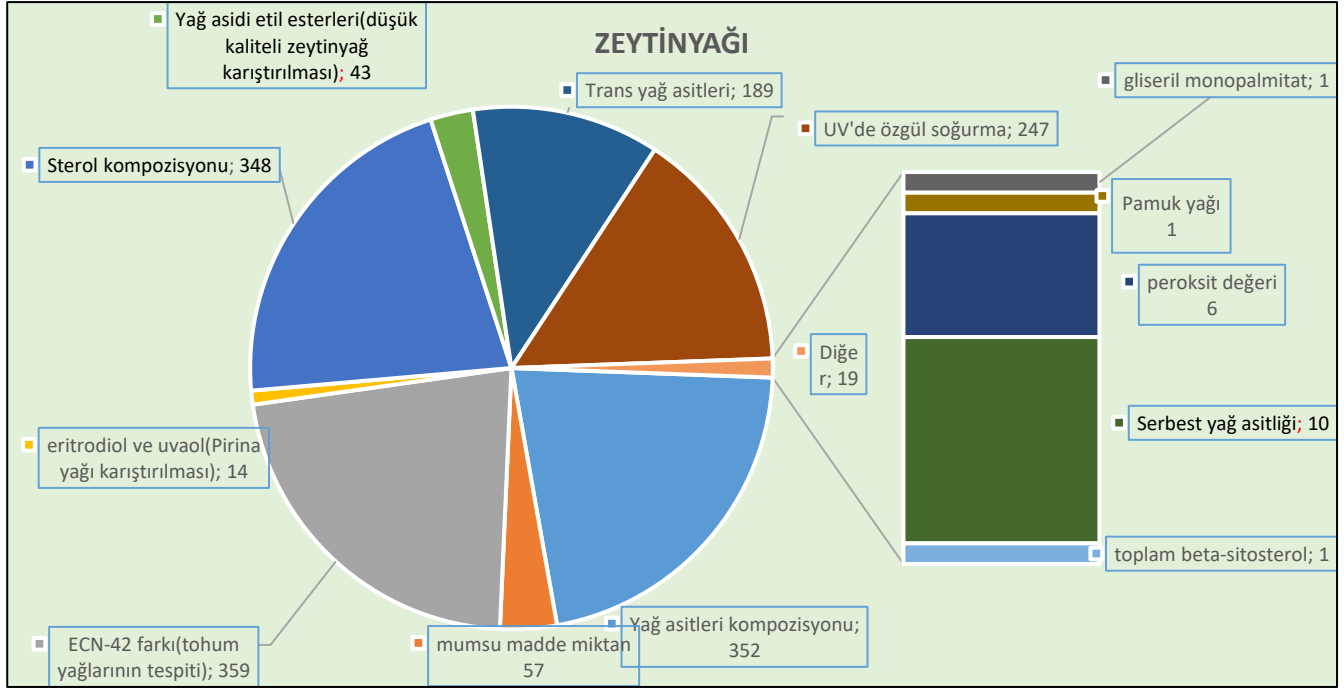
Kuruyemiş ve çerezler 4 adet, Meyve ve sebze işleme 3 adet, Süt ve süt ürünleri 673 adet, Takviye edici gıdalar vb. ürünler 157 adet Zeytinyağında 1628 adet parametrede Türk Gıda Kodeksine(TGK) aykırılık tespit edilmiştir.

Ülkemizde Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yapılan gıda denetimlerinde taklit ve tağış en çok sırasıyla;

1. Zeytinyağı,
1. Et ve et ürünleri,
2. Süt ve süt ürünleri,
3. Bitkisel yağ ve margarin,
4. Bal,
5. Takviye gıdalarda,

görülmektedir.

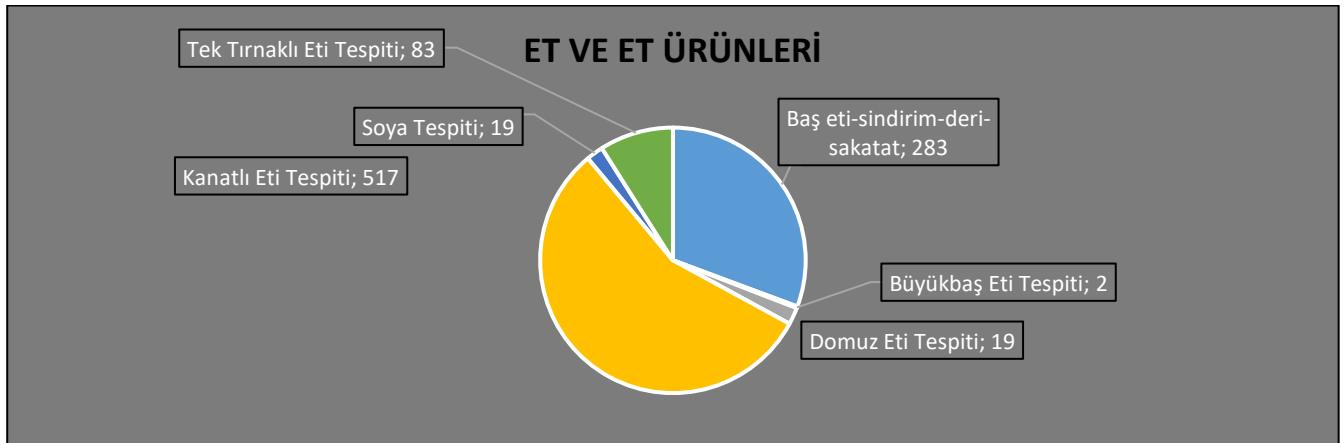
## Zeytinyağı



Şekil 1. Zeytinyağı uygunsuz analiz parametreleri ve sayıları (Anonim, 2016-2018-2019-2020a-2020b).

Tarım ve Orman Bakanlığı İl müdürlükleri tarafından rutin denetim faaliyetleri ve şikayetler kapsamında aldıkları zeytinyağı numuneleri laboratuvarlarda analizleri yapılmakta sonuçları Türk Gıda Kodeksi Zeytinyağı ve Pirina Yağı Tebliğine göre değerlendirilmektedir. Şekil 1 incelendiğinde zeytinyağı numunelerinde en çok 359 adet ile ECN42 zeytinyağı dışında farklı tohum yağı (ayçiçeği, mısır) katıldığını gösteren parameter karşımıza çıkmaktadır. Sırasıyla 352 adet yağ asitleri kompozisyonunda uygunsuzluk ve onu da 348 adet sterol kompozisyon uygunsuzluğu takip etmektedir. Bu veriler ışığında genel olarak değerlendirildiğinde ülkemiz için son derece önem arz eden ekonomik değeri gerekse de besleyici değeri tartışmasız olan zeytinyağında çok ciddi oranlarda taklit ve taşışın gerçekleştiği gözlemlenmiştir.

## Et ve et ürünleri



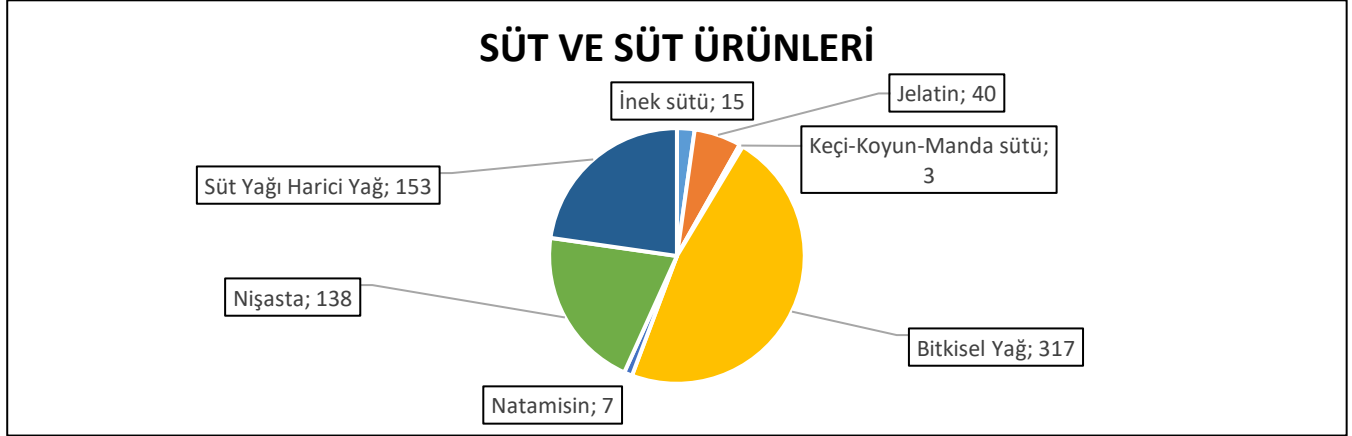
Şekil 2. Et ve et ürünlerinde uygunsuz analiz parametreleri ve sayıları (Anonim, 2016-2018-2019-2020a-2020b).

Tarım ve Orman Bakanlığı İl müdürlükleri tarafından rutin denetim faaliyetleri ve yapılan şikayetler kapsamında aldıkları et ve et ürünleri numuneleri laboratuvarlarda analizleri yapılmakta sonuçlar, Türk Gıda Kodeksi Et, Hazırlanmış Et Karışımları ve Et Ürünleri Tebliğine göre değerlendirilmektedir. Şekil 2 incelendiğinde et ürünlerinde en çok 517 adet ile kanatlı eti tespiti karşımıza çıkmakta daha sonra 283 adet ile baş eti, sindirim, deri ve sakatat karışımını ve 83 adet ile de tek tırnaklı eti (at, eşek vb) tespitini görmekteyiz. İlgili tebliğe göre et ürünlerine hiç bulunmaması gereken bu maddeler, karıştırılarak tüketici yanıltılmıştır. Son



yıllarda, tüketicilerin ihtiyacı olan sağlıklı protein kaynağı olan et ve et ürünlerine birim maliyeti azaltmak ve tüketici yanıltılarak daha fazla para kazanma amacıyla gerçekleştirilen bu tür uygunsuzluklar yükselen bir ivme içerisinde.

### Süt ve süt ürünleri



Şekil 3. Süt ve süt ürünlerinde uygunsuz analiz parametreleri ve sayıları (Anonim, 2016-2018-2019-2020a-2020b)

Küçük ve büyük her yaşta insanın mutlak gereksinimi içinde yer alan süt ve süt ürünleri yapılan denetim ve kontroller sonrasında alınan numuneler laboratuvar analizleri sonrasında Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği, Türk Gıda Kodeksi Tereyağı, Diğer Süt Yağı Esaslı Sürülebilir Ürünler ve Sadeyağ Tebliği ve Türk Gıda Kodeksi Koyulaştırılmış Süt ve Süt tozlarının Kimyasal Analizi İçin Numune Alma Metodları Tebliği kapsamında değerlendirmeler yapılmaktadır. Şekil 3 incelendiğinde süt ve süt ürünlerinde 317 adet bitkisel yağ 153 adet süt yağı harici yağ karıştırıldığı ve 138 adet nişasta katıldığı görülmektedir. Gerek ürün niteliğini değiştirerek ürün albenisini artırmak olan nişasta ve jelatin katımı gibi gerekse de süt yağı gibi faydalı olan maddenin alınarak yerine başka yağları ikame etmek bütünüyle tüketiciyi yanıltmak ve durumu suiistimal etmekten başka bir şey değildir. Fiziki olarak bakıldığında anlaşılmasayan bu uygunsuzluklar ancak laboratuvar analizleri ile ortaya çıkabildiğinden, tüketiciler çoğunlukla bu durumu fark edememektedirler.

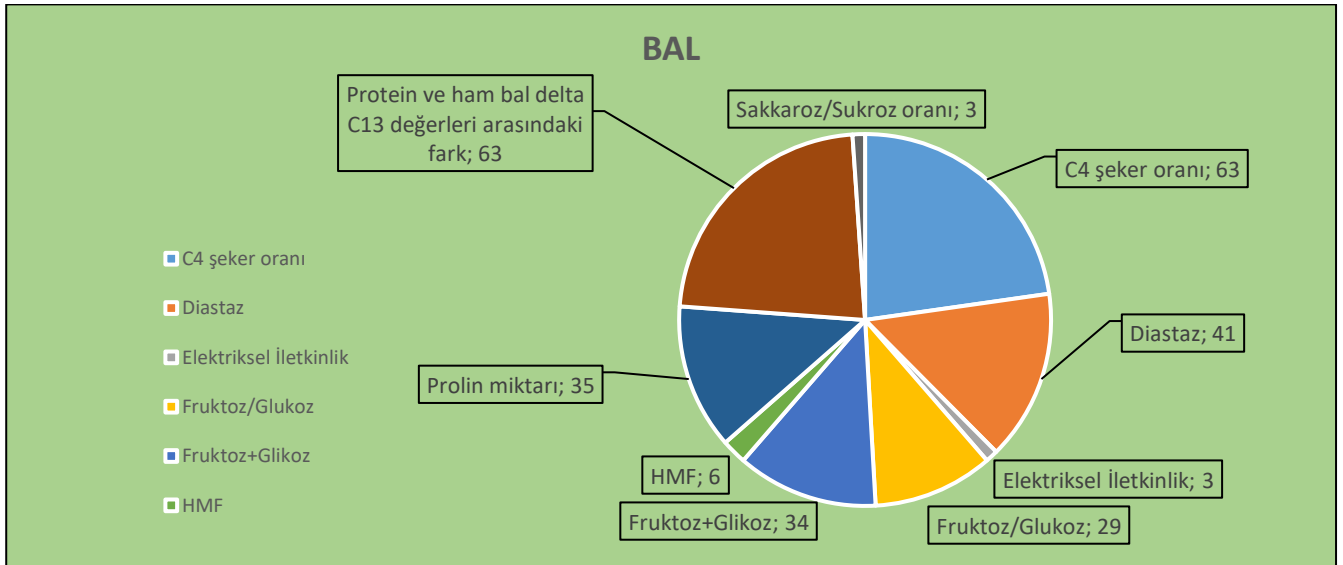
### Bitkisel yağ ve margarin



Şekil 4. Bitkisel yağ ve margarinde uygunsuz analiz parametreleri ve sayıları (Anonim, 2016-2018-2019-2020a-2020b)

Bakanlık, İl müdürlükleri tarafından rutin denetim faaliyetleri kapsamında aldıkları bitkisel yağ ve margarin numuneleri laboratuvarlarda analizleri yapılmakta sonuçları Türk Gıda kodeksi Sürülebilir Yağlar, Margarin ve Yoğun Yağlar ile Türk Gıda Kodeksi Bitki Adıyla Anılan Yağlar Tebliğlerine göre değerlendirilmektedir. Şekil 4 incelendiğinde en fazla uygunsuzluğun 205 adet yağ asitleri kompozisyonu ile 202 adet sterol kompozisyon olduğu görülecektir. Bu analiz parametreleri sayesinde bitkisel tohum yağlarına başka ucuz yağların karıştırıldığını öğrenebilmekteyiz.

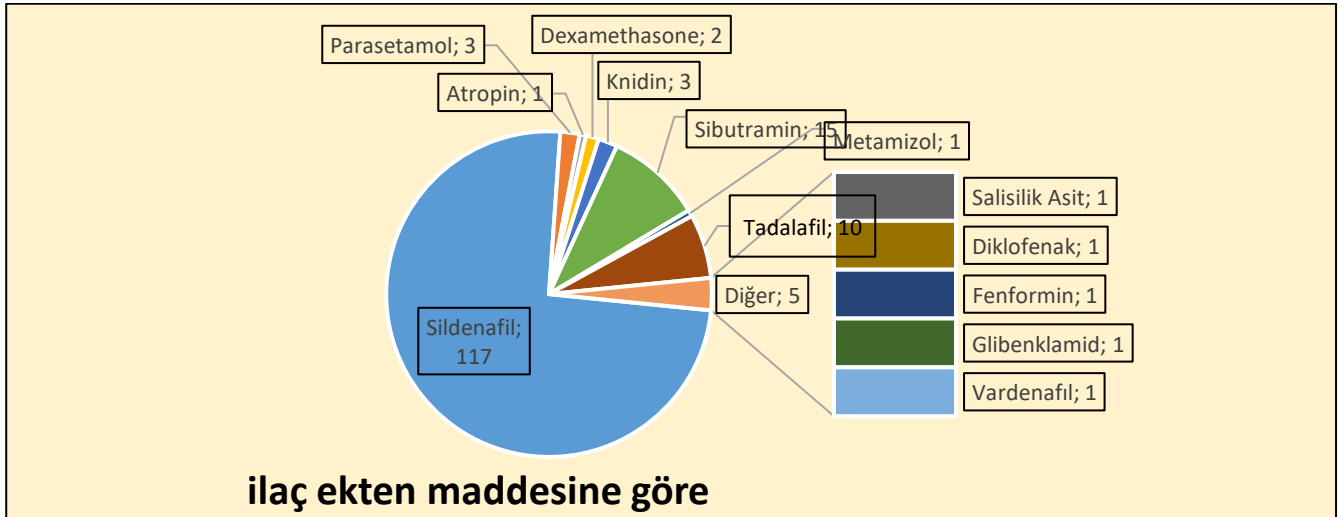
### Bal



Şekil 5. Balda uygunsuz analiz parametreleri ve sayıları (Anonim, 2016-2018-2019-2020a-2020b)

Ülkemizde kahvaltılarımızın vazgeçilmez arı ürünü olan bal ne yazık ki en çok taklit ve taşıdığı yapılan gıdalar arasındadır. Yapılan rutin denetim faaliyetleri ve şikayetler sonrasında alınan numuneler laboratuvarlarda analiz sonrası Türk Gıda Kodeksi Bal Tebliğine göre yapılan değerlendirmelerde uygunsuzluğun boyutu karşımıza çıkarmaktadır. Şekil 5 incelendiğinde, Balda en çok 63'er adet, protein ve ham bal delta Karbon 13(C13) ile Karbon 4(C4) parametrelerindeki uygunsuzluğu görmekteyiz. Bu analizler bize bal içerisine arının topladığı bitki nektarlarının değil dışardan mısır ve şeker pancarı kaynaklı şekerin karıştırıldığını göstermektedir. Ayrıca şekil 5'de diğer uygunsuzluklar; diastaz enzimideki değişimleri gösteren uygunsuzluk 41 adet, prolin miktarı 35 adet, fruktoz+glukoz 34 adet ve fruktoz/glukoz 29 adet olarak görülmektedir.

#### Takviye Gıdalar



Şekil 6. Takviye gıdalarda uygunsuz analiz parametreleri ve sayıları (Anonim, 2016-2018-2019-2020a-2020b)

Çağdaş insanın son dönemlerde kaliteli, konforlu ve sağlıklı yaşama dair bilinç düzeyinin artmasıyla günlük diyetinin yanında dışardan takviye ürünlere olan ilgisi ve talebi giderek artmaktadır. Artan bu talep karşısında takviye gıda ürünleri piyasası ciddi bir büyüme ivmesi yakalamıştır. Ancak bu durum, ciddi istismar ve hileleri de beraberinde getirmiştir. Denetimler sonrasında alınan numuneler laboratuvarlarda analizleri yapılmakta ve Türk Gıda Kodeksi Takviye Edici Gıdalar Tebliğine göre değerlendirilmektedir. Şekil 6 incelendiğinde uygunsuzluk olarak 117 adet ile afrodisyak etki gösteren sildenafil ilaç etken maddesini görmekteyiz. Çoğunlukla afrodisyak etkisi ve kilo kontrolü için kullanılan bu ilaç etken maddeleri, takviye gıda ürünlerinde hiç bulunmaması gerektiği halde yoğun olarak kullanılarak tüketici yanıltılarak mağdur edilmektedir.

İçeriğinde hangi etken madde ve oranlarda kullanıldığı belli olmayan bu tür takviye gıdalar, tüketici sağlığı için de ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

## SONUÇ

Gıda, insanın var olması ve hayatının devamlılığı bakımından tartışma götürmez bir fenomendir. Tüketici açısından, gıdanın arz güvenliği kadar gıdanın güvenilirliği de ehemmiyet arz etmektedir. Gıda güvenliği konularında yapılan çalışmalar gözden geçirildiğinde, son yıllarda sorunlu alanların doğru teşhis edildiği ve gıda mevzuatında ciddi mesafelerin alındığı görülmektedir. Fakat ne yazık ki problemin asıl kaynağının uygulamaya esas alanlarda etkin olamayarak yetersiz kalınması yönü de ayrıca değerlendirilmelidir.

Bu konuda yaptırımların titizlikle yürütülmesi kamu otoritesinin sorumluluğunda olmasının yanı sıra tüketiciler ile diğer kurum ve kuruluşlar, üniversiteler ve ilgili STK'larında çalışmalara katılım sağlaması Ülkemizde bireylerin güvenilir gıdaya erişimine olanak sağlaması açısından son derece önemlidir.

Özellikle taklit ve tağşiş kapsamında caydırıcı ciddi cezaların uygulanması konunun hassasiyetle takip edilmesi son derece önemli olmasının yanı sıra hukuk terminolojisinde yer alan «kasıt» ve «kusur» kavramlarının da göz önünde bulundurularak mevzuatların revize edilmesi ve buna göre işlem tesis edilmesi, sorumluluk blincinde alan firmalar ile bu sorumluluğu taşımayan firmaları ayırt etmede daha isabetli olacağı kanaatindeyiz.

Yapılan denetim faaliyetleri yanında tüketici bilinçlendirilmesi bu işin en önemli ayağını oluşturmaktadır. Kamu otoritesi, bilinçlendirme faaliyetleriyle beraber gıda okuryazarlığını teşvik edecek çalışmalarda bulunulmasını sağlayacak girişimleri desteklemeli özellikle geleceğimizin teminatı olan gençlerimizi hedef alan çalışmalara ağırlık vermelidir.

Ayrıca, okulların eğitim müfredatında, kişisel bakım, hijyen eğitimi, doğru beslenme, gıda israfı ve gıda güvenliği konularına daha fazla yer verilmesi ve tüketicilerin bilinç düzeyinin geliştirilmesine katkı sağlayan etkinliklerin artırılması, uygunsuz gıdalar ile yapılan mücadele çalışmalarına çok ciddi ivme kazandıracaktır.

## KAYNAKLAR

- Anonim, 2010. Veteriner Hizmetleri, Bitki Sağlığı, Gıda ve Yem Kanunu.Sayı:27610, Tertip:5, Cilt:49, yayım tarihi: 13/06/2010
- Anonim, 2016. Kamuoyu Duyurusu. [www.tarim.gov.tr](http://www.tarim.gov.tr) [31.08.16]
- Anonim, 2018. Kamuoyu Duyurusu. [www.tarim.gov.tr](http://www.tarim.gov.tr) [23.03.18]
- Anonim, 2019. Kamuoyu Duyurusu. [www.tarimorman.gov.tr](http://www.tarimorman.gov.tr) [12.10.19]
- Anonim, 2020a. Kamuoyu Duyurusu. [www.tarimorman.gov.tr](http://www.tarimorman.gov.tr) [13.01.20]
- Anonim, 2020b. Kamuoyu Duyurusu. [www.tarimorman.gov.tr](http://www.tarimorman.gov.tr) [14.02.20]
- Beykaya M 2020. Türkiye’de Gıda Endüstrisinde Gıda güvenliği ve Denetimlerin Rolü: Iğdır İli Örneği. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10(1): 260-270, 2020
- Artık N, Poyrazoğlu ES, Konar N 2013. Her Yönüyle Gıda Kitabı, Türk Gıda Mevzuatı ve Gıda Denetimi Bölümü. 10. Bölüm, sayfa:313-324. Sidaş Medya Ltd.Şti., İzmir.
- Griffith CG 2005. Are we making the most of food safety inspections? A glimpse into the future. Br Food J 107: 132– 9.
- Reilly A, Ellard R, O'Connor J 2009. Food safety at the national level the role of governments. In:BP Mansourian, A Wojtczak, BMcA Sayers, editors. Medical sciences. Vol. II. Oxford: Eolss Publishers Co. p 383– 93.
- Skees JR, Botts A, Zeuli KA 2001. The potential for recall insurance to improve food safety. International Food Agribusiness Management 4: 99– 111.
- Tayar M 2014. Güvenli Gıda Gereksinimi, Dünya Gıda Dergisi. 2014-09
- TGDF 2011. Türk Gıda ve İçecek Sanayi Dernekleri Federasyonu (TGDF). Çiftlikten Çatala Gıda Güvenliği. s.70. TGDF Yayınları, Ankara.
- TTGV 2011. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, İleri Teknolojiler Destek Programı Sektörel İnceleme çalışmaları-II-Gıda Teknolojileri-Biyomedikal Teknolojiler- İklim Değişikliğine Uyum Teknolojileri, Haziran 2011.
- Yaralı B 2017. Gıda Güvenliği,[http://www.akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders\\_notlari/gida\\_guvenligi.pdf](http://www.akademik.adu.edu.tr/myo/cine/webfolders/File/ders_notlari/gida_guvenligi.pdf), 1-120, (Erişim Tarihi: 27.01.2018).

## Mechanical properties of hydroxyapatite-SiC reinforced polyethylene

Hamza Simsir (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6794-1046>)

University of Karabuk, The Union Chambers and Commodity Exchanges of Turkey Technical Science Vocational School, Karabuk, Turkey.

Corresponding author e-mail: hamzasimsir@karabuk.edu.tr

### Abstract

Even if, polyethylene has been used wide industrial application areas, its mechanical properties should be improved. Therefore, many additives have been applied to polyethylene. In this study, biocompatible hydroxyapatite (HA) and hard ceramic-based additive silicon carbide (SiC) were added into medium density polyethylene (MDPE) matrix. With the addition of SiC restrained negative effects of HA on homogenous distribution. As well as with the addition of SiC tensile strength. But ductility and impact strength were decreased because SiC enhanced the brittle behavior of MDPE.

**Keywords:** Polyethylene, hydroxyapatite, silicon carbide, mechanical properties.

### INTRODUCTION

One of the most used polymers is polyethylene (PE) can also be used in orthopedic implants applications too (Akinci 2010; Chen et al. 2012; Lahiri et al. 2012; Santavirta et al. 1993; Savas, Tayfun, and Dogan 2016). But their mechanical properties should be improved for use in this area. To achieve that metallic, ceramic and carbonaceous additives have been used widely (Bodhak, Nath, and Basu 2009; Gungor 2007; Lahiri et al. 2012; Liang and Yang 2009; Santavirta et al. 1993). Among these are hydroxyapatite (HA) particles could be a suitable candidate since they present excellent biocompatibility and being the main mineral constituent of a bone issue (Bonfield et al. 1981; Suchanek and Yoshimura 1998). But with the addition of HA in polymer matrix caused to decrease tensile strength (Bonfield et al. 1981; Wang and Bonfield 2001). To prevent this negative effect, another hard but without harmful specialties additives can be also be added. So in this study HA and silicon carbide (SiC) reinforcements were added into medium density polyethylene (MDPE) matrix. According to the results, the expected negative effect of HA on mechanical properties was limitedly restrained by the addition of SiC.

### MATERIALS AND METHODS

MDPE granules with 3.1 MFI and 123 °C melting temperature purchased from Total Belgium. Particle diameters from 5 to 10 µm HA and SiC granules (70 nm) were purchased form Nanografi in Turkey. SEM images were taken by Zeiss Ultra Plus scanning electron microscope. The tensile test was conducted by Shimadzu tensile test machine at 10 mm/min crosshead speed, at room temperature. Charpy impact test was applied by Zwick/Roell RKP 450 device on an unnotched sample at room temperature.

MDPE (%85 wt.) HA (%10 wt.) and SiC (%5 wt.) powders were mixed in a turbula mixer for 4 hours. Then, mixed powder at 270 °C temperature was compacted by injection molding. Dog bone shape samples were seen on Figure 1.



Figure 1. Prepared samples the white is MDPE-HA and the black is MDPE-HA-SiC.

## RESULTS and DISCUSSION

SEM images of MDPE-HA were seen on Figure 2. The particle size of HA was altered from 5 to 80  $\mu\text{m}$ . According to surface characterization can be said that HA was partly disturbed into MDPE due to being great particle size ( $> 5\mu\text{m}$ ) and being prone to breaking down. HA structure into MDPE was seen in red square and EDX results were seen on Figure 2.b and it was detected that it was pure HA structure.

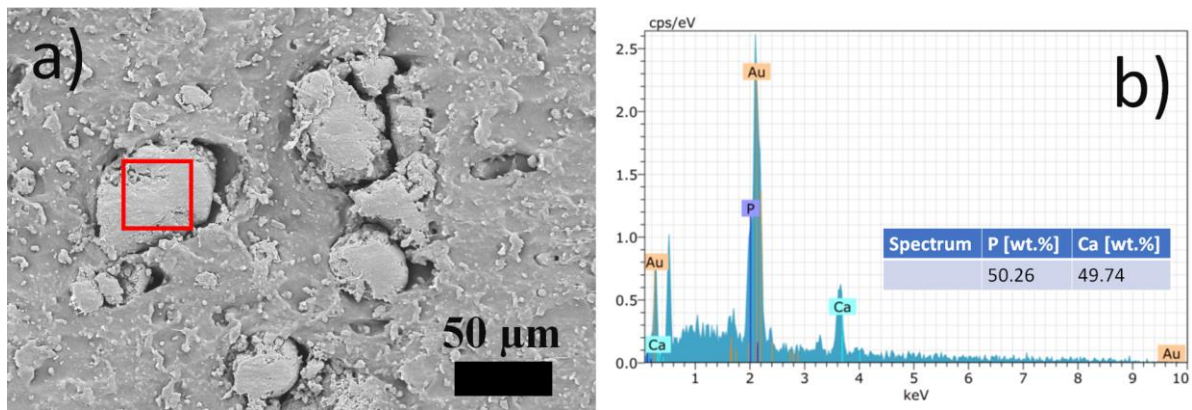


Figure 2. Belong to MDPE-HA a) SEM images and b) its EDX analysis result.

When the SEM images and EDX analysis results of the MDPE-HA-SiC composite structure were investigated, a more homogenous distribution of HA was detected (Figure 3). Especially on all smaller particles HA was detected (Table 1). The reason for it probably, the smaller particle size of SiC interfacial or partial bonded with smaller HA and so, SiC prevent the breaking down of HA.

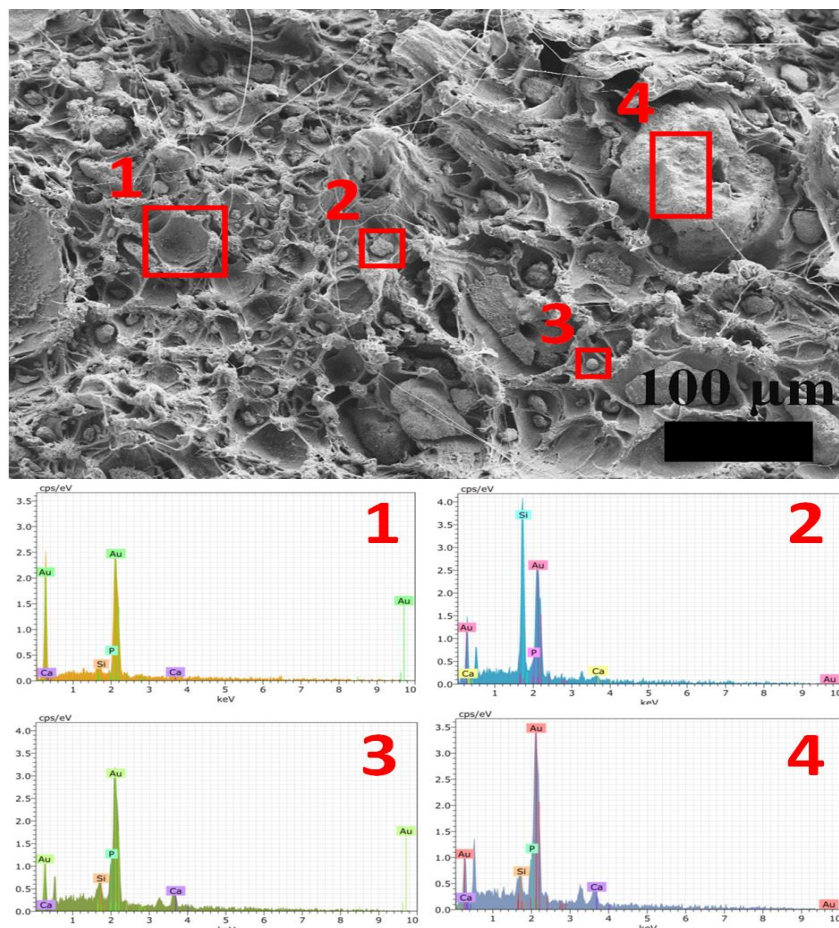


Figure 3. SEM image and EDX analysis results of MDPE-HA-SiC.

Table 1. Atomic amounts of EDX analysis zones.

Spectrum	Si [wt. %]	P [wt. %]	Ca [wt. %]
1	8.32	58.89	32.79
2	68.37	24.14	7.49
3	10.41	56.32	33.28
4	7.30	60.44	32.26

The stress and strain curves of both samples were seen on Figure 4. According to the result with the addition of SiC into MDPE-HA tensile strength was increased from 11.85 to 12.80 MPa. But the ductility was decreased from 112.50 to 42.65 %, expectedly. The reason of it, when the addition of harder reinforcement material into the polymer matrix material, the reinforcement restricts the polymer chain movement. And so, tensile strength increased and in case of ductility decreased (Akgul et al. 2020).

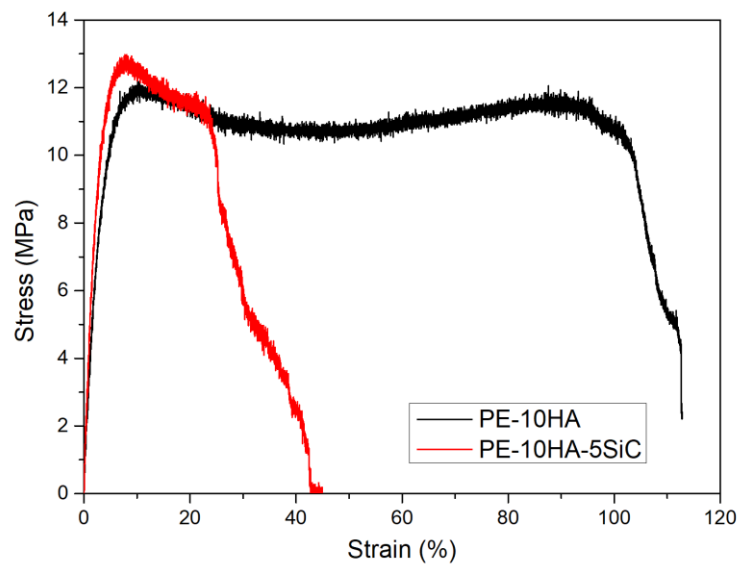


Figure 4. The tensile test result of MDPE-HA and MDPE-HA-SiC

The Charpy impact test result of samples was seen on Figure 5. Coherent with the tensile test result with the addition of SiC into MDPE-HA impact strength was decreased from 3.8 to 2.8 joule because with the addition of SiC composites showed more brittle behavior.

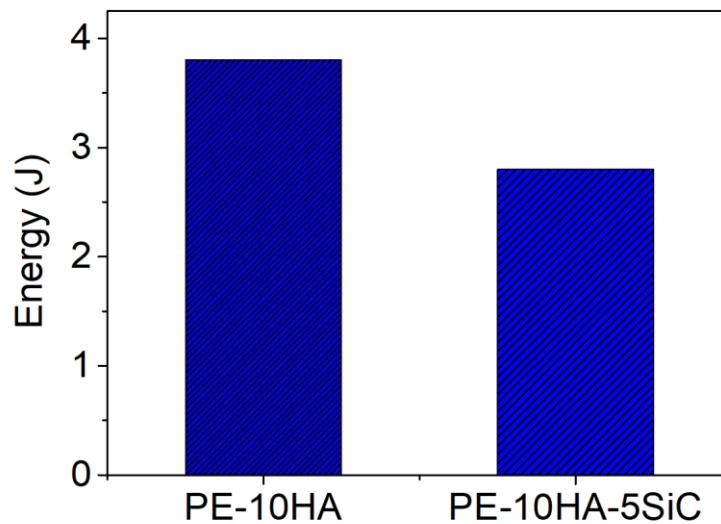


Figure 5. The Charpy impact test result of samples.

## CONCLUSION

The results can be summarized that;

- 1) The addition of a nanosized SiC particle was positively effective on homogenous HA distribution into MDPE.
- 2) The addition SiC particle, even so, increased the tensile strength, ductility decreased.
- 3) Also, impact strength decreased due to the decrease in ductility.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work supported by Karabuk University BAP Office (project number: FOA-2020-2185).

## REFERENCES

- Akgul, Yasin et al. 2020. 'Mechanical, Tribological, and Biological Properties of Carbon Fiber/Hydroxyapatite Reinforced Hybrid Composites'. *Polymer Composites*.
- Akinci, A. 2010. 'The Determining Role of Inorganic Particles on Physical and Mechanical Properties of Reinforced Polyethylene Composites'. *Journal of reinforced plastics and composites* 29(7): 957–963.
- Bodhak, Subhadip, Shekhar Nath, and Bikramjit Basu. 2009. 'Friction and Wear Properties of Novel HDPE—HAp—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Biocomposites against Alumina Counterface'. *Journal of biomaterials applications* 23(5): 407–433.
- Bonfield, W. et al. 1981. 'Hydroxyapatite Reinforced Polyethylene—a Mechanically Compatible Implant Material for Bone Replacement.' *Biomaterials* 2(3): 185.
- Chen, Yuanfeng et al. 2012. 'Preparation, Mechanical Properties and Biocompatibility of Graphene Oxide/Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene Composites'. *European Polymer Journal* 48(6): 1026–1033.
- Gungor, Ali. 2007. 'Mechanical Properties of Iron Powder Filled High Density Polyethylene Composites'. *Materials & design* 28(3): 1027–1030.
- Lahiri, Debrupa et al. 2012. 'Graphene Nanoplatelet-Induced Strengthening of Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene and Biocompatibility in Vitro'. *ACS applied materials & interfaces* 4(4): 2234–2241.
- Liang, J. Z., and Q. Q. Yang. 2009. 'Mechanical Properties of Carbon Black-Filled High-Density Polyethylene Antistatic Composites'. *Journal of reinforced plastics and composites* 28(3): 295–304.
- Santavirta, Seppo, Dan Nordström, KAJ METSÄRINNE, and YRJÖ T. KONTTINEN. 1993. 'Biocompatibility of Polyethylene and Host Response to Loosening of Cementless Total Hip Replacement.' *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)* 297: 100–110.
- Savas, Lemiye Atabek, Umit Tayfun, and Mehmet Dogan. 2016. 'The Use of Polyethylene Copolymers as Compatibilizers in Carbon Fiber Reinforced High Density Polyethylene Composites'. *Composites Part B: Engineering* 99: 188–195.
- Suchanek, Wojciech, and Masahiro Yoshimura. 1998. 'Processing and Properties of Hydroxyapatite-Based Biomaterials for Use as Hard Tissue Replacement Implants'. *Journal of Materials Research* 13(1): 94–117.
- Wang, M., and W. Bonfield. 2001. 'Chemically Coupled Hydroxyapatite–Polyethylene Composites: Structure and Properties'. *Biomaterials* 22(11): 1311–1320.

## Tay besleme yönetimi

Alper Çağlayan

Karabük Üniversitesi, Eflani MYO Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Karabük, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: alpercaglayan@karabuk.edu.tr

### Özet

Kısrakların erken, orta ve geç gebelik dönemleri ve tayların doğumdan erişkin ağırlığının %90'ına ulaştıkları 18 aya kadar olan süreç beslenme açısından kritik öneme sahiptir. Bu dönemde yetersiz veya aşırı besleme sonucu genetik yatkınlığın da etkisi ile gerek ortopedik gerekse nörolojik hastalıklar ortaya çıkabilmektedir. Bu hastalıkların bazıları metabolik sendrom, osteokondrosis dissekans, Equine dejeneratif miyeloensefalopati olarak sayılabilir. Yine gebe kısrakların rasyonlarına ilave edilen fazla miktarda kolay sindirilebilir karbonhidratların fetüste insülin metabolizması üzerinde olumsuz etkileri olduğu düşünülmektedir. Taylar büyüyüp geliştikçe beslenme gereksinimleri ve rasyon bileşimi değişir. Hızla büyüyen genç taylarda rasyon mineral dengesi protein oranı ve proteinin aminoasit içeriği önem kazanır.

**Anahtar Kelimeler:** Tay besleme, tay besleme yönetimi, tay beslenme hastalıkları.

### Foal feeding principles

#### Abstract

Early, middle and late pregnancy periods of mares and up to 18 months in which foals reach 90% of their adult weight from birth are critical for nutrition. In this period, both orthopedic and neurological diseases may occur with the effect of genetic predisposition as a result of insufficient or overfeeding. Some of these diseases can be listed as metabolic syndrome, osteochondrosis dissecans, Equine degenerative myeloencephalopathy. Again, it is thought that large amounts of easily digestible carbohydrates added to the rations of pregnant mares have negative effects on the insulin metabolism in the fetus. Nutrition requirements and ration composition change as foals grow and develop. In rapidly growing young foals, ration mineral balance protein ratio and amino acid content of protein gain importance.

**Keywords:** Foal feeding, foal feeding management, foal nutritional diseases

### GİRİŞ

Kısrakların beslenme durumu tayların gerek anne karnında gerekse kolostrum ve süttten besin madde alımını etkiler. Süt ve creep yemleme (anne sütünü destekleyen karma yem) tayın büyüme eğrisini etkilediği bilinen kritik unsurlardır. Kısrak ve tay beslenmesinin uzun süreli etkileri iyi anlaşılmamıştır. Ancak erişkin dönemde hayvanların sağlığı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Hem yetersiz hem de aşırı beslenme, kemik gelişimi ve nörolojik fonksiyon gibi önemli özellikleri olumsuz yönde etkileyebilir. Bu durum gebelik boyunca ve sonrasında kısrak ve tay için dengeli bir rasyon sağlamanın önemini vurgular. Taylarda büyüme ve gelişme hızlı ancak sindirim sisteminin anatomik kapasitesinin sınırlı olması sebebi ile genç atları düşük besin içerikli, büyük hacimli kaba yemlerle beslemek doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Tayların gelişim süreci boyunca gastrointestinal sisteminin normal anatomisi ve fizyolojisi zamanla değişir. Rasyondaki düzenlemeler bu değişiklikleri yansıtmalıdır. Unutmamak gerekir ki onlar potansiyel birer sporculardır.

#### Gebe Kısraklarda Beslenme

At yetiştiricileri, kısraklarının üreme performansı ve sağlıklı taylar yetiştirme yetenekleri konusu üzerinde durmaktadırlar. Hızlı bir şekilde yeniden üreme ve sağlıklı gelişen bir yavru yetiştirme damızlık sürüsünde hedeflenen başarıdır. Bu hedeflere ulaşmak birçok faktöre bağlı olmakla birlikte, beslenme yönetimi, etkili bir damızlık işletmeciliğinin önemli bir parçasıdır. Kısraklarda beslenme yönetiminde vücutta genel olarak depo edilen yağların görsel olarak 1'den 9'a kadar puanlanması prensibine dayanan vücut kondisyon skorunun (VKS) belirlenmesi kilit rol oynar.



1 AŞIRI ZAYIF: Processus spinosuslar, kaburgalar, kuyruk başı ve kalçalar belirgin olarak göze çarpar. Omuz ve boyun kemik yapıları kolayca fark edilir.

2 ÇOK ZAYIF: Processus spinosuslar belirgindir. Kaburgalar, kuyruk başı ve pelvik kemikler öne çıkar. Boynun ve omuzların kemik yapıları hafifçe fark edilir.

3 ZAYIF: Processus spinosuslar öne çıkar, ancak yağ doku orta düzeyde kaplamıştır. Kaburgaların üzerinde çok hafif bir yağ örtüsü hissedilebilir, ancak omur çıkıntıları ve kaburgalar kolayca fark edilir. Kuyruk başı belirgindir, fakat bireysel omurlar görülemez. Kalça kemikleri görülebilir. Omuzlar ve boyun göze çarpar.

4 ORTA DERECE ZAYIF: Atın sırtında negatif bir kıvrım vardır ve kaburgaların ana hatları görülebilir. Kuyruk başı çevresinde yağ hissedilebilir. Kalça kemikleri görülemez, omuzlar ve boyun ince değildir.

5 ORTA VÜCUT KONDİSYON SKORU EŞİK SEVİYESİ: Kaburgalar görülemez ancak kolayca hissedilebilir. Kuyruk başının etrafındaki yağ süngerimsi hissedilir. Omuzlar yuvarlak görünür, omuz ve boyun vücuda düzgün bir şekilde karışır.

6 ORTA İLA KİLOLU: Sırtta hafif bir kırıksıklık olabilir. Kuyruk başının etrafındaki yağ yumuşak ve kaburgaların üzerindeki yağ süngerimsi hissedilir. Omuzların kenarlarında küçük yağlanmalar vardır, omuzlarda ve boynun kenarlarında hafif yağlanma mevcut.

7 KİLOLU: Arkaya doğru kırıksıklık olabilir. Bireysel kaburgalar hissedilebilir, ancak kaburgalar arasında belirgin bir yağ vardır. Kuyruk başının etrafındaki yağ yumuşaktır. Yağ omuzlarda, boyunda ve omuzların arkasında fark edilir.

8 ŞİŞMAN: Atın arkasında bir kırıksıklık gözlenir. Kaburgalar arasındaki boşluklar o kadar yağ ile doludur ki kaburgaların hissedilmesi zordur. Omuzlar boyunca kalan bölge yağ ile doludur ve kuyruk başının etrafındaki yağ çok yumuşaktır. Omuzların arkasındaki boşluk düzelmiş ve iç kalçalar boyunca bir miktar yağlanma vardır.

9 AŞIRI ŞİŞMAN: Arka kısımdaki kırıksıklık çok belirgindir. Yağ kaburgaların üstünde belirgin görülür. Kuyruk başı, omuzlar ve boyun çevresinde şişkin yağ tabakası vardır. İç kalçalar boyunca yağ, kalçaların birbirine sürtünmesine neden olabilir (Henneke ve ark., 1984).

Vücut kondisyon skoru 5,5 ila 7,5 puan aralığı ekonomik açıdan optimumluğu temsil eder. Çünkü bu durumdaki kısraklar normal olarak aşım çiftliğinde daha az gün geçirir ve daha az açık kalırlar. Sağmal kısraklarında 5 veya daha düşük VKS, verimli üreme performansını desteklemek için yeterli miktarda depolanmış yağ bulunmadığı anlamına gelir. Kısraklar yetersiz beslendiklerinde embriyo kaybı oranı da artar. Bu nedenle, kısrakları uygun vücut koşullarına ulaştırmak ve yıl boyunca bu şekilde tutmak önemlidir. Obez olan kısraklarda herhangi bir zor doğum veya yeniden üreme problemi bulunmamakla birlikte, kısrakların 8 veya 9 VKS’da tutulmasının üreme üzerinde avantajı yoktur. Bu durum ekonomik olarak maliyetli olabilir. Vücut kondisyonunun yönetimi, yemlerin dikkatli seçimi ve doğru rasyon formülasyonu ile desteklenmelidir (Gibbs ve ark., 2005). Yapılan bir çalışmada; yüksek VKS’na sahip kısrakların taylarının zayıf kondisyonlu kısrakların taylarına oranla daha fazla vücut ağırlığı kazandıkları gözlemlenmiştir. Bu eğilimler, yüksek kondisyon skoruna sahip kısraklar yetersiz beslendiğinde ve buna rağmen zayıf kısraklar emzirme döneminde kilo almaları için aşırı beslendiğinde dahi devam etmiştir (Henneke ve ark., 1981). Tersine, erken emzirme döneminde zayıf kısrakların yetersiz beslenmesi kısraklarda kilo kaybına neden olabilir ve tay büyümesini olumsuz etkiler (Martin-Rosset ve Doreau, 1980). Kolektif çalışmalar, kısrak vücut kondisyon skoru ve enerji alımının tay büyüme hızını etkileyebileceğini göstermektedir (Becvarova ve Buechner-Maxwell, 2012).

Fetal büyüme en çok gebeliğin son 4 ayında meydana gelir ve anne karnındaki tayda onuncu ay boyunca en yüksek miktarda mineral tutulumu gerçekleşir. Kısrakların yeterli mineral dengesi olan dengeli bir rasyon ile beslenmeleri taylardaki gelişimsel ortopedik problemlerin görülme sıklığını ve şiddetini azaltır. Doğumdan 12 hafta önce başlayan ve doğumdan 10 hafta sonrasına kadar devam eden eksik kalsiyum içeren rasyonla beslenen kısraklardan doğan taylarda kontrol grubundan doğan taylara kıyasla metakarpal kemik çaplarını ve mekanik kuvveti (non invaziv ultrason tekniği kullanılarak ölçülen) karşılaştırılmış, deneme grubundaki tayların daha ince ve mekanik olarak daha zayıf kemiklere sahip olduğu tespit edilmiştir (Glade, 1993). Bu nedenle geç gebelikte kısrakların yeterli beslenmesi normal fetal gelişim için kritik öneme sahiptir. Eğer iyi kaliteli (en az %18 hp) yonca otu veya baklagillerden zengin otlaklar kaba yem kaynağı olarak kullanılıyor ise ilave konsantr yemin yaklaşık yüzde 10 hp içermesi yeterlidir. Düşük kalitede (%7,5 hp) buğdaygillerden zengin kuru ot veya otlaklar ya da orta kalitede yonca (%15 hp) tüketen kısraklar %14 gibi daha yüksek bir

protein konsantresine ihtiyaç duyarlar. Bu aşamada rasyonun protein dengesine dikkat etmek tay büyümesi ile ilgili sorunları önlemeye yardımcı olabilir. Daha önce de belirtildiği gibi konsantre yem enerji içeriğini belirgin bir şekilde arttırmak için yağ ilave edilebilir. Araştırmalar, yağ destekli rasyonların zayıf kısıraklarda kilo almına yol açabileceğini göstermiştir. Rasyona %5 oranında ilave yağ ile bir kısırak aynı vücut kondisyonunu %7 ila 15 daha az yem tüketerek koruyabilmektedir. Bununla birlikte yağ katkılı karışımlar atlara alıştırılarak verilmeli ve tahıl karışımı %10'dan fazla ilave yağ içermemelidir (Gibbs ve ark., 2005). Rasyona ilave edilen yağ kolostrum kalitesini olumlu yönde etkileyebilir. Hoffman ve ark. (1998) merada beslenen kısıraklara ilave olarak yüksek miktar seluloz, düşük miktar yapısal olmayan karbonhidrat ve %10,4 oranında mısır ve pamuk yağı ilave etmişler. Kontrol grubu rasyonlarında ise düşük seluloz ve yüksek miktarda yapısal olmayan karbonhidrat kullanılarak izokalorik rasyon elde edilmiş ve yağ ilave edilen grupta kolostrum kalitesinde iyileşme gözlemlenmiştir.

### **Emziern Kısıraklarda Beslenme**

Kısırakların süt bileşimi ve süt verimi, laktasyon dönemi, yaş, ırk farklılıkları, VKS ve beslenme gibi bir dizi faktörden etkilenir. Kısırakların doğum sırasındaki VKS'ları ve kısıraklarda doğum sonrası enerji alımı tayların büyümesinde önemli rol oynar (Becvarova ve Buechner-Maxwell, 2012). Kısırağın doğurmasını takiben günlük besin gereksinimi önemli ölçüde artar. Emziren kısırak, yavrulama stresinden kurtulmak, süt üretmek ve yeniden siklus gösterebilmek için yemden daha fazla miktarda protein, enerji, kalsiyum, magnezyum ve fosfor almaya ihtiyaç duyar. Doğumu takiben 5 ay sürdürülen bir çalışmada, kısırak rasyonlarına magnezyum ilavesinin taylarda osteochondrosis görülme sıklığı üzerine olan etkisi araştırılmış, çalışma sonunda tayların femoropatellar, tarsocrural ve maticarpophalangeal eklemlerinin radyografileri incelenmiş ve sonuç olarak kısırak rasyonlarına magnezyum ilavesinin osteochondrosis prevalansını azalttığı kanısına varılmıştır (Counotte ve ark., 2014). Erken emzirme döneminde kısırakların yetersiz beslenmesi süt üretimini azaltacak ve kilo kaybına neden olacaktır. Bazı kısıraklar pik dönemde negatif enerji dengesine girmeleri sebebi ile kilo kaybederler. Kısırağın VKS'u yüksek ise bu normalde bir sorun oluşturmaz. Bununla birlikte ince kondisyonda doğum yapan kısıraklarda bu kilo kaybı genellikle doğum gebe kalma aralığını uzatacak, döl tutma oranlarını azaltacak ve sonraki gebeliği tehdit edecektir. Davidson ve ark. (1991) izokalorik olarak hazırlanan kuru ot ve konsantre yem içeren 2 tip rasyondan birine total rasyona %8 oranında yağ ilave etmiş, yağ katılan grupta laktasyon boyunca sağrı bölgesi yağ sıklığını ve vücut yağlarının koruduğunu bildirmiştir. Yağ ilave edilen gruptaki kısırakların süt yağları, kontrole oranla daha yüksek bulunurken protein ve toplam kuru madde miktarı etkilenmemiştir. Yağ ilave edilen gruptaki kısırakların emzirdikleri taylarda kontrol grubuna kıyasla kilo alma eğilimleri ve sağrı yağ sıklığı daha fazla bulunmuştur. Bu taylarda plazma lipit konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tayların 140. ve 376. günlerde radyografik kemik mineral yoğunlukları değerlendirilmiş ve rasyona kalsiyum sabunlu yağ ilave edilen kısırakların yavrularında kemik yoğunluğu düşük bulunmuştur. Rasyona yağ ilave etmek sütün yağ içeriğini artırabilir. Bu da süt emen tayların büyümesinde etkili olur. Dahası yağ ilave edilmiş rasyonlar, sıkı çalışan ve emzirme döneminde önemli kilo kaybına eğilimli kısırakların korunmasında yardımcı olabilir (Gibbs ve ark., 2005). Bununla birlikte kısırak VKS'unu korumak amacıyla ona yüksek yağlı bir diyet verilmesi tayın büyüme oranını artırabilmektedir. Bu durumun tayda daha düşük kemik mineral içeriği ile sonuçlanabileceği ve gelişimsel ortopedik hastalıkların patogenezinde rol oynayabileceği düşünülmektedir (Hoffman ve ark., 1999). Yapılan bir çalışmada, kısıraklar laktasyonun ilk 120 günü boyunca rasyona 150 gr morina karaciğeri yağı ile desteklendi. 8 hafta sürdürülen deney sonunda tayların plazma glikoz, kolesterol ve toplam protein seviyelerinin denemeden etkilenmediği, tayların vücut ağırlığı ve doğrusal vücut ölçümleri açısından gruplar arasında fark bulunmadığı bildirilmiştir. Bununla birlikte rasyona balık yağı ilave edilen grupta kısıraklardan elde edilen süt örneklerinde yapılan analizler sonucunda linoleik asit düzeyleri rasyona balık yağı ilave edilen grupta düşerken kısa ve orta zincirli yağ asitleri içeriğinde belirgin artış tespit edilmiştir (Salimei ve ark., 1996).

Emziren bir kısırak genellikle günlük toplam yemde (kaba + konsantre) vücut ağırlığının %2 ila %3'ü oranında kuru maddeye ihtiyaç duyar. Doğum sonrası ilk 3 ay boyunca, kısırakların artan gereksinimleri mutlaka karşılanmalıdır. Kaba yem %10 civarında ham protein içerdiği durumlarda sağmal kısıraklara %16 hp içeren konsantre yem rasyona ilave edilmeli ve protein kaynağı iyi kaliteli küspelerden karşılanmalıdır. Ayrıca tay creep yemleme yerine kısırakla aynı oluktan yem tüketimine izin veriliyor ise tayın yeterli miktarda esansiyel amino asit almasını sağlamak için normal olarak iyi kalite %16 ham protein içeren konsantre yeme ihtiyaç duyulacaktır. Kilo kaybını önlemek ve süt verimini desteklemek için günlük yem alımında gebelik sırasında ihtiyaç duyulan kesif yem artışı kademeli olarak yapılmalıdır. Kısıraklara toplam günlük rasyonun ikiye bölünerek sunulması, emzirme döneminde ihtiyaç duyulan konsantre yemi güvenli bir şekilde tüketmesini sağlar. Yüksek süt verimli sağmallar, kuru ot veya otlatmaya ek olarak, günlük konsantre yem ihtiyacı vücut

ağırlığının %1,75 ila %2'si civarındadır. Laktasyonun dördüncü, beşinci ve altıncı ayında günlük gereksinimler azalmaya başlar. Süt hacmi 5 aylık bir süre zarfında çok fazla değişmese de enerji konsantrasyonu önemli ölçüde azalır. Laktasyonun dördüncü ayındaki kısrağın sütü, tayın ihtiyaç duyduğu toplam enerjinin %30'undan daha azını sağlayabilir. Bu arada at yetiştiricilerinin birçoğu, tayları creep beslemesine alarak süttan kesmeye hazırlar. Tay, süttan kesildikten sonra kısrağın beslenmesi erken dönem gebe kısrağın olarak yönetilebilir (Gibbs ve ark., 2005).

Yeterli süt üretimi için iyi kalite protein tüketimi gerekmektedir. Kısrağın proteince yetersiz beslenmesi süt üretimini ve taylarının kilo alımını azaltır (Martin ve ark., 1992). Kısrağın rasyonundaki protein, soya fasulyesi küspesi, süt ürünleri veya balık unu gibi esansiyel amino asitler açısından zengin protein kaynaklarından sağlanmalıdır (Becvarova ve Buechner-Maxwell, 2012).

Doreau ve ark. (1992) süt üretimi üzerine nişasta veya kaba yemden gelen enerjinin etkisini araştırmak amacı ile 95/5 oranında kuru ot ve konsantre yemden oluşan rasyon ile beslenen kısrağlarda 50/50 oranında kuru ot ve konsantre yem karışımı ile beslemeyi sürdürmüş süt üretiminde %10 artış tespit etmişlerdir. Yüksek fiber alımı ile yüksek nişasta alımı karşılaştırıldığında, yüksek nişasta tüketen grupta kısrağlarda daha yüksek ağırlık kazancı, daha yüksek süt laktöz konsantrasyonu ve daha yüksek süt verimi elde edilmiş. Buna karşın süt yağı ve protein konsantrasyonunda düşüş gözlenmiştir. Fiber açısından yüksek diyet daha yüksek süt yağı üretilmesine sebep olmuş bu durumun kalın bağırsaklarda seluloz fermantasyonundan kaynaklanan süt yağı öncüsü asetik asit üretiminin artması nedeniyle gerçekleştiği düşünülmektedir. Yüksek nişasta diyetinde daha büyük miktarda süt üretimi, süttan daha yüksek enerji çıktısına dönüşmediği için tayların büyümesi diyetten etkilenmemiştir. Bu durum iki farklı enerji kaynağında benzer süt enerjisi çıktısını gösterir. Sonuç olarak, emziren kısrağın kaba yem bazlı rasyonuna yüksek nişasta konsantrasyonu eklenmesi ve enerji ihtiyacının üzerinde toplam günlük kalori sağlanması, süt enerji çıktısını ve yavru büyümesini etkilemeden kısrağın kilo alımını ve süt verimini artırabildiği görülmüştür.

### **Tay Besleme**

Genç atların sindirim sistemi kapasitesi anatomik açıdan sınırlı olması sebebi ile düşük enerjili, büyük hacimli yemlerle beslenmesine izin vermez. Bunun yerine, genç atların besin ihtiyaçlarını karşılamak için yoğun enerji, protein, vitamin ve mineral kaynaklarına ihtiyaçları vardır. Doğumdan 18 aya kadar olan süre genç atların büyümesi için kritiktir. Çünkü bu süre zarfında erişkin boyunun %90'ına ulaşırlar. Besin gereksinimleri yüksek olduğu bu dönemde sağlık ve iskelet gelişimi ile ilgili problemlerden kaçınmaya çalışarak büyümeleri düzgün bir şekilde yönetilmelidir.

### **Süt Emen Taylar**

Uterusta tay, tüm besinlerini uterus plasenta ünitesinden alır. Glikozun plasentadan fetus'a transfer oranı dakikada yaklaşık 6,8 mg/kg'dır (Fowden ve Silver, 1995). Yeni doğan tay hipoglisemik bir durumdadır ve bu durum glukoneogenez başlayana kadar sürer. Karaciğer glikojen depolarından glukoneogenez yoluyla tay ilk enteral öğününü alana kadar kan glikoz seviyesini stabilize eder. Yeni doğan tayların çok az miktarda glikojen rezervi vardır. Bu nedenle glikoz seviyeleri doğum sonrası 2 ila 4 saat arasında daha da azalacaktır. Normal yeni doğan tayda ayakta durma ve emme zamanı 90 ila 120 dakikadır. Kan şekerinin düşmesi tayın kısrağın memesini aramaya doğru yönlendirir.

Optimal olarak, tayın ilk yemeği yüksek kaliteli kolostrumdan oluşacaktır. Kolostrumun immünolojik faydaları, immünoglobulinlerin kısrağın taya intrauterin transferinin olmaması nedeniyle tayın hayatta kalması için önemlidir. Maternal antikorların taya transferi, kısrağın tarafından üretilen kolostrumun erken yutulması ve bağırsaktan emilmesi yoluyla gerçekleştirilir. Kolostrum alımının besinsel değeri bağırsaklık sağlamasından daha az önemlidir. Kolostrum bürüt enerjisi, özgül ağırlığı, total proteini yüksek, A ve E vitaminleri açısından zengindir. Kolostrum, taya eşit miktarda süt tarafından sağlanan enerjiden %50 daha fazla enerji sağlar. Bir litre yüksek kaliteli kolostrum, yaklaşık 1350 kcal/L enerji sağlarken bu değer kısrağın sütü için 600 kcal/L düzeyindedir (Ullery ve ark., 1966). Kolostral öğünün kalitesine ve miktarına bağlı olarak tayın kan glikozunu normal aralıkta 10 ila 20 saat korunmasına yardımcı olacaktır. Hafif cins kısrağlar, emzirmenin ilk aylarında günlük vücut ağırlığının yaklaşık %3'ü kadar süt üretirler. Bu, 500 kg'lık bir kısrağın yaklaşık 15 L'dir (Martin ve ark., 1992). Normal tay, bu miktarda sütü sık sık emme yoluyla alacaktır. Yaşamın ilk haftasında tay, saatte 6 ila 8 kez emzirilebilir. Tay her öğün yaklaşık 80 ml süt içer (Koterba ve ark., 1985). Tay büyüdükçe emme sıklığı azalır ve süttan kesilene kadar saatte 1,5 ila 2 defa annesini emecektir.

Kısrak sütü, litre başına yaklaşık 500 ila 600 kcal enerji sağlar. Günde 15 L sütle, 50 kg'lık sağlıklı yavru, 7.500 ila 9.000 kcal enerji alır. Bu miktar dinlenme durumunda enerji harcamalarından (dolaylı kalorimetri ile ölçülen 50 kg'lık bir yavru için 50 kcal/kg, 2500 kcal) 5000 ila 6500 kcal düzeyinde ihtiyacın üzerinde olacaktır. Alınan bu fazla kaloriler, aktivite ve büyüme için kullanılır. Dolayısıyla aktivite ve büyüme gereksinimi 24 saatte yaklaşık 175 kcal/kg'dır. Ekstra kalori, yaşamın ilk ayında günlük ortalama 1 ila 2 kg/gün kilo artışı ile sonuçlanır. Sağlıklı taylar ilk 30 günde ağırlıklarını neredeyse iki katına çıkarlar. Taylar doğumda cidago yüksekliği yetişkin boylarının yaklaşık %60'ı karardır. Cidago yüksekliği artışı yaşamın ilk ayında 0,4 ile 0,33 cm/gün arasındadır ve taylar 18 aylıkken yetişkin boylarının %95'ine ulaşırlar (Paradis, 2012).

### **Creep Besleme**

Gelişmekte olan bir tayı beslerken ani büyüme ataklarından kaçınmak ve pürüzsüz bir büyüme eğrisini korumak için besin ve enerji gereksinimlerini yeterli ve dengeli miktarlarda karşılamak önemlidir. Taylar yaşamlarının ilk 2 ayında besinlerinin çoğunu kısrak sütünden alırlar. Bu süre zarfında taylar annelerinin yemlerinden yavaş yavaş tüketmeye başlarlar. Kısraklar büyük miktarda süt üretirler, ancak bu sütün besin ve enerji yoğunluğu zamanla azalır. Sütün bileşimi, süt tüketimi ve tayın besin ihtiyaçlarını karşılaştıran veriler, 2 aylık dönem sonrasında kısrak sütünün artık tayın tüm beslenme gereksinimlerini karşılayamayacağını ve konsantre yemlerin (creep besleme) taya verilmesi gerektiğini göstermektedir (Schryver ve ark., 1986). Creep besleme uygulaması, kısraklı taylarda 1-2 aylıktan ve öksüz taylarda ilk yaşam haftasından itibaren uygulanmalıdır. Creep besleme süttten kesmeden önce tayın sıvıdan katı bir diyetle geçişine yardımcı olur, süttten kesmede stresi azaltır, kabul edilebilir bir oranda kilo alımına izin verir, süttten kesildikten sonra vücut kondisyonunu korur, süttten kesmede büyüme sıçramasını önler ve böylece yeterli kemik gelişimini destekler (Rezende ve ark., 2000). Creep beslemede konsantre yem kısrak için değil sadece tay için erişilebilir olmalıdır. Bu amaçla kısraklar ve taylar ayrı beslenebilir ya da taylar creep besleyiciler vasıtası ile yalnızca tayların geçebileceği dar bir açıklık sayesinde beslenme yönetilebilir. Tay konsantre yemi, kolayca görülür ve ulaşabilir olması amacıyla tayın göğüs yüksekliğinde açık renkli bir kovaya konularak asılabilir. Taylar başlangıçta öğrenmeleri için creep besleyiciye yönlendirilmelidir (Becvarova ve Buechner-Maxwell, 2012).

Esansiyel amino asitler ve minerallerce yetersiz hazırlanmış yüksek enerjili yoğun creep yemler ile beslenen süt emen yavrular, kilo almak ve aşırı yağlanmak için yeterli enerji tüketebilir, ancak bu durumda uygun kas-iskelet gelişimi için yetersiz protein ve mineral içeriği söz konusu olacaktır. Schryver ve ark. (1987) genç taylarda yaptıkları çalışmada düşük proteinli (%9 hp) rasyon ile beslenen grupta kontrol grubuna (%14 hp) oranla daha düşük ağırlık artışı, boy ve metakarpus çevresi uzunluğu tespit etmişlerdir. Creep yemlemeye tedrici geçilmeli ve tayın kısırağın annelik davranışını taklit etmesine ve gün boyunca sık sık küçük öğünler yemesine izin verilmeli, creep yemler serbestçe seçilebilir ve kolay ulaşılır tarzda olmalıdır. Tayın çok hızlı büyümesi ve aşırı vücut kondisyonu söz konusuysa, creep besleme günde 0,25-0,5 kg/100 kg vücut ağırlığı miktarında sunulmalıdır. Günlük miktar VKS'na göre ayarlanabilir. Bu durumda VKS'u 5/9'dan küçük ise yem 0,33-0,66 kg/100 kg vücut ağırlığı, eğer VKS'u 5/9'dan yüksek ise 100 kg için 0,12-0,25 kg düzeyinde konsantre yem verilebilir. Tayın vücut ağırlığı ve VKS'u her 2 haftada bir değerlendirilmeli ve kaydedilmelidir. Ölçülen vücut ağırlık değerleri, verilen ırk veya olgun boyut için yayımlanan büyüme eğrileri ile karşılaştırılmalı ve büyüme atakları olmadan pürüzsüz bir eğri izlemelidir. Doğru ölççekler kullanıldığında kilo alımında belirgin günlük değişimler taylarda normaldir. Yavruların ortalama günlük ağırlık kazanımı yaşla birlikte yavaşça azalacaktır. Ancak büyüme eğrisi her zaman pürüzsüz olmalıdır (Becvarova ve Buechner-Maxwell, 2012). Bazı araştırmacılar, emen tayların süttten kesilmeden önce nadiren su içtiğini bildirirken, sıcak iklimlerde yapılan diğer çalışmalarda tayların sık sık su içtikleri gözlenmiştir. Bu nedenle özellikle sıcak iklimlerde taylar için bol temiz içme suyu her zaman mevcut olmalıdır (Martin ve ark., 1992).

### **Çok Faktörlü Hastalıklar**

Osteokondrozis dissekans (OKD); atların genetik, beslenme, hormonal, stres veya travmatik faktörlerin bir kombinasyonundan kaynaklanan yaygın bir gelişimsel ortopedik hastalığıdır. OKD çok faktörlü bir hastalık olmasının yanında rasyonun kemik gelişimi üzerine etkisinin en aza indirilebilmesi amacıyla taylar National Research Council (NRC 2007) tarafından tarif edilen enerji, protein ve mineral ihtiyaçlarını tam olarak karşılayan dengeli rasyonlarla beslenmelidir. Besin maddelerinin kemik ve diğer dokular için yapı taşları görevi gördüğü iyi bilinmektedir. Ek olarak, besinler kondrosit çoğalmasını, farklılaşmasını ve apoptozu düzenleyen sinyal olaylarını da etkileyebilir. Son çalışmaların sonuçları, yüksek oranda nişasta ve kolay çözünen karbonhidrat içeren rasyonlar ile artan ortopedik hastalık riski arasında bir ilişki olduğunu göstermektedir. Staniar ve ark. (2007) nişasta ve suda çözünür karbonhidratlar açısından zengin bir diyetle beslenen tayların, yağ ve lif yönünden zengin diyetle beslenen taylara kıyasla dolaşımdaki insülin benzeri

büyüme faktörü I (IGF-I) konsantrasyonlarında bir yükselişle ilişkili olarak günlük ortalama kilo almada artış yaşandığını ileri sürmüşlerdir. Diğer türlerdeki çalışmalar, IGF-I'nin normal kemik gelişimini düzenleyen birçok büyüme faktöründen biri olarak hizmet ettiğini ve aşırı IGF-I seviyelerinin kırıkda sentezi ve yıkılmasını arasındaki dengeyi bozduğunu göstermektedir (Green ve ark., 1985; Orth, 1999; Staniar ve ark., 2007). Bu ilişki gelişmekte olan atlarda gösterilmemiştir ve diğer çalışmalar rasyon kompozisyonunun büyüme performansı ve dolaşımdaki IGF-I plazma konsantrasyonu üzerinde net bir etki yaratmamıştır (Ropp ve ark., 2003). Bu çelişkili bulgular, rasyon, genetik, çevre ve gelişimsel kemik hastalığı arasındaki karmaşık ilişkiyi daha fazla araştırma ihtiyacını ortaya koymaktadır.

Equin dejeneratif miyeloensefalopati (EDM), genç atları (genellikle <2 yaş) etkileyen ve genellikle 4 ekstremitenin tamamında simetrik ataksi, halsizlik ve hipometriye neden olan bir hastalıktır. EDM'nin klinik tablosu, omurilik ve beyin sapı duysal, propriyoseptif reseptörleri çekirdekleri ve omurilik yollarında artan ve azalan nöronal dejenerasyonunu etkileyen nöroaksonal distrofiye bağlı olarak ortaya çıkar. EDM prevalansının omurilik hastalığı olan atların %23-%45 olduğu tahmin edilmektedir ve hastalığın gelişimi E vitamini bakımından zayıf diyetlerle ilişkilidir (Mayhew, 1991). E vitamini bozukluğunun etkileri gebelik sırasında başlayabilir ve doğumla klinik hastalık ortaya çıkabilir. Birçok vakada etkilenen 6 aydan küçük tayların serum vitamin E düzeyleri, etkilenmemiş olan mera taylarına kıyasla düşük bulunmuş. Fakat çok tutarlı bir bulgu olduğu düşünülmektedir. Çok sayıda rapor, hastalık geliştirme riskine katkıda bulunan güçlü bir ailesel etki olduğunu göstermektedir. Dill ve ark. (1990) geriye dönük yaptığı çalışmalarda yavruları EDM geçirmiş kısırakların taylarının yavruları EDM geçirmemiş kısırakların taylarına oranla 25 kat daha fazla risk taşıdıklarını tespit etmişlerdir. Bu bulgular beslenme faktörünün EDM'nin tek nedeni olmadığı fikrini desteklemektedir. Bununla birlikte hastalığa genetik yatkınlıkla birleştirildiğinde, besinlere sınırlı erişim klinik hastalığın gelişmesine neden olabilir.

Beyaz kas hastalığı veya beslenme miyodejenerasyonu olarak da bilinen besinsel kas distrofisi, hem akut hem de subakut formda iskelet ve aynı zamanda kalp kaslarında etkileyebilen enflamatuar dejeneratif bir hastalıktır. En sık selenyum (Se) eksik toprakta yetişmiş tahıl ve çayır meranın bulunduğu bölgelerde görülür. Klinik olarak saatler ve günler içinde ölüme yol açan akut ve hızla ilerleyen bir sendromu veya kas güçsüzlüğünün en yaygın görünümü olduğu subakut bir formu içerir. Katz ve ark. (2009) 4 günlük bir tayda kas zayıflığı, kanda yüksek kas hücre içi enzimleri varlığı ile düşük E vitamini, selenyum ve glutatyon peroksidaz aktivitesine dayanarak beyaz kas hastalığı tanısı koydukları tayda, parenteral selenyum ve E vitamini uygulayarak hastalığı tamamen tedavi ettiklerini rapor etmişlerdir.

Ek olarak bazı araştırmacılar, dolaşımdaki yüksek glikoz ve insülin konsantrasyonlarını teşvik eden kolay sindirilebilir karbonhidratlardan zengin rasyonlarla tayların beslenmesi durumunda daha sonraki yaşamlarında insülin direnci ve metabolik sendrom gelişmesine katkıda bulunabileceğini tahmin etmektedirler (Georget ve ark., 2009).

## KAYNAKLAR

- Becvarova I, Buechner-Maxwell V 2012. Feeding the foal for immediate and long-term health. *Eq. Vet. J.*, 44: 149-156
- Counotte GPhD, Kampman GDVM, Hinner VIr 2014. Feeding magnesium supplement to foals reduces osteochondrosis prevalence. *Journal of Equine Veterinary Science*, 34: 668-674.
- Davidson KE, Potter GD, Greene LW, Evans JW, McMullan WC 1991. Lactation and reproductive performance of mares fed added dietary fat during late gestation and early lactation. *J. equine vet. Sci.*, 11:111-115.
- Dill SG, Correa MT, Erb HN, deLahunta A, Kallfelz FA, Waldron C 1990. Factors associated with the development of equine degenerative myeloencephalopathy. *Am. J. vet. Res.*, 51:1300-1305.
- Doreau M, Boulot S, Bauchart D, Barlet JP, Martin-Rosset W 1992. Voluntary intake, milk production and plasma metabolites in nursing mares fed two different diets. *J. Nutr.*, 122: 992-999.
- Fowden AL, Silver M 1995. Glucose and oxygen metabolism in the fetal foal during late gestation. *Am. J. Physiol.*, 269: 1455-1461.
- George LA, Staniar WB, Treiber KH, Harris PA, Geor RJ 2009. Insulin sensitivity and glucose dynamics during pre-weaning foal development and in response to maternal diet composition. *Domest. anim. Endocrinol.*, 37: 23-29.

- Gibbs PG, Potter GD, Vogelsang MM 2005. Nutrition and feeding management of broodmares, *Agri Life Extension*, 1-9.
- Glade MJ 1993. Effects of gestation, lactation, and maternal calcium intake on mechanical strength of equinebone. *J. Am. Coll. Nutr.*, 12:372-377.
- Green H, Morikawa M, Nixon T 1985. A dual effector theory of growth-hormone action. *Differentiation*, 29:195-198.
- Henneke DR, Potter GD, Kreider JL 1984. Body condition during pregnancy and lactation and reproductive efficiency of mares. *Theriogenology*, 21: 897.
- Henneke, DR, Potter GD, Kreider JL 1981. Rebreeding efficiency in mares fed different levels of energy during late gestation. In:Proceedings of the Seventh Equine Nutrition and Physiology Symposium, Virginia State University, Petersburg, pp 101-104.
- Hoffman RM, Kronfeld DS, Herbein JH, Swecker WS, Cooper WL, Harris PA 1998. Dietary carbohydrates and fat influence milk composition and fatty acid profile of Mare's milk. *J. Nutr.*, 128: 2708-2711.
- Hoffman RM, Lawrence LA, Kronfeld DS, Cooper WL, Sklan DJ, Dascanio JJ. Harris PA 1999. Dietary carbohydrates and fat influence radiographic bone mineral content of growing foals. *J. anim. Sci.*, 77:3330-3338.
- Katz LM, Dwyer SO, Pollock PJ 2009. Nutritional muscular dystrophy in a four-day-old Connemara foal. *Irish Veterinary J.*, 62:119.
- Koterba AM, Drummond WM 1985. Nutritional support of the foal during intensive care. *Vet Clin North Am Equine Pract.*, 1:35-40.
- Martin RG, McMeniman NP, Dowsett KF 1992. Milk and water intakes of foals sucking grazing mares. *Equine Vet. J.*, 24:295-299.
- Martin RG, McMeniman NP, Dowsett KF 1992. Milk and water intakes of foals sucking grazing mares. *Equine vet. J.*, 24:295-299.
- Martin-Rosset W, Doreau M 1980. Effect of variations in the level of feeding of heavy mares during late pregnancy. In:Proceedings of the 31<sup>st</sup> Annual Meeting of the European Federation for Animal Science (EAAP), Munchen.p.6
- Mayhew IG 1991. Measurements of the accuracy of clinical diagnoses of equine neurologic disease. *J. vet. intern. Med.*, 5:332-334.
- NRC 2007. *Nutrient Requirements of Horses*, National Research Council, National AcademiesPress, Washington. ppxv, 341.
- Orth MW 1999. The regulation of growth plate cartilage turnover. *J. Anim. Sci.*, 77(12): 183-189.
- Paradis MR 2012. Normal Foal Nutrition. *Aaep Proceedings.*, 58: 399-401.
- Rezende ASC, Sampaio IBM, Legorreta GL, Moreira DCA 2000. Effect of two different nutritional programs on orthopedic alterations in Mangalarga Marchadorfoals. *J. equinevet. Sci.*, 20:651-656.
- Ropp JK, Raub RH, Minton JE 2003. Theeffect of dietary energy source on serum concentration of insulin-like growth factor-I growth hormone, insulin, glucose, and fat metabolites in weanling horses. *J. anim. Sci.*, 81:1581-1589.
- Salimei E, Bontempo V, Dell'Orto V1996. Nutritional status of the foals related to the age and to mares' feeding. *Pferdeheikunde*, 12: 245-248.
- Schryver HF, Meakim DW, Lowe JE, Williams J, Soderholm LV, Hintz HF 1987. Growth and calcium metabolism in horses fed varying levels of protein. *Equinevet.J.*, 19: 280-287.
- Schryver HF, Oftedal OT, Williams J, Soderholm LV, Hintz HF 1986. Lactation in the horse: The mineral composition of mare milk. *J. Nutr.*, 116: 2142-2147.
- Staniar WB, Kronfeld DS, Akers RM and Harris PA 2007. Insulin-like growth factor I in growing Thoroughbreds. *J. anim. Physiol. anim. Nutr.*, 91:390-399.
- Staniar WB, Kronfeld DS, Akers RM, Harris PA 2007. Insulin-like growth factor I in growing Thoroughbreds. *J. anim. Physiol. anim. Nutr.*, 91:390-399.
- Ullery DE, Struthers RD, Hendr1991icks DG 1966 Composition of mare's milk. *J. Anim. Sci.*, 25:217-222.

## Konya kapalı havzasının maksimum akım değerlerinin trend analizi

Cavit Berkay Yılmaz\*, Vahdettin Demir, Mehmet Faik Sevimli

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Konya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: cavitberkayyilmaz@gmail.com

### Özet

Günümüzde iklim değişiklikleri sıcaklık ve yağışlar üzerindeki etkileriyle akarsu akımlarını da etkilemektedir. Artan maksimum akım değerlerinin sonucu olarak akarsuların taşması, dere yataklarına inşa edilen yapılar sayesinde birçok can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu kayıplar akarsu akımlarının gözlem, takip ve geleceğe yönelik analizlerinin yapılması hususunun önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmada Konya Kapalı Havzası'nda bulunan 22 istasyona (D16A001/Beyşehir Kanalı, D16A003/Çarşamba Suyu, D16A013/Şarkikaraağaç S., D16A014/Soğuksu, D16A015/Üstünler S., D16A028/İbrala Ç., D16A048/Mamasın Brj., D16A066/Gebere Brj., D16A077/Gümüşler Brj., D16A078/Superte Ç., D16A080/Karasu, D16A087/Ayrancı S., D16A089/Uzandı D., D16A094/Gümüşler Brj., D16A095/Apa Brj., D16A098/Melendiz S., D16A100/Meram Ç., D16A101/Çavuş D., D16A115/Çarşamba S., D16A117/Seyithasan D., D16A126/Konya Ana Tah. Kan., D16A140/İvriz Ç.) ait maksimum akım değerlerinin trend ve homojenlik analizleri yapılarak eğilimleri incelenmiştir. Yapılan bu incelemede %95 güven aralığında trend testleri olarak Mann-Kendall testi, Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi ve homojenlik yöntemleri olarak Run testi ve Pettitt testleri kullanılmıştır ve kullanılan testlerim python programa dili kullanılarak çözümlenmesi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 7 adet istasyonda (D16A013/Şarkikaraağaç S., D16A077/Gümüşler Brj., D16A078/Superte Ç., D16A080/Karasu, D16A087/Ayrancı S., D16A089/Uzandı D., D16A098/Melendiz S., D16A126/Konya Ana Tah. Kan., D16A140/İvriz Ç.) azalan yönde, 6 adet istasyonda (D16A001/Beyşehir Kanalı, D16A003/Çarşamba Suyu, D16A015/Üstünler S., D16A087/Ayrancı S., D16A095/Apa Brj., D16A101/Çavuş D.) artan yönde trend olduğu bulgusuna rastlanmıştır. Homojenlik testlerinin sonucu olarak ise 17 istasyon (D16A003/Çarşamba Suyu, D16A013/Şarkikaraağaç S., D16A014/Soğuksu, D16A028/İbrala Ç., D16A048/Mamasın Brj., D16A077/Gümüşler Brj., D16A078/Superte Ç., D16A087/Ayrancı S., D16A089/Uzandı D., D16A094/Gümüşler Brj., D16A098/Melendiz S., D16A100/Meram Ç., D16A101/Çavuş D., D16A115/Çarşamba S., D16A117/Seyithasan D., D16A126/Konya Ana Tah. Kan., D16A140/İvriz Ç.) homojen olarak tespit edilirken 5 istasyonun (D16A001/Beyşehir Kanalı, D16A015/Üstünler S., D16A066/Gebere Brj., D16A080/Karasu, D16A095/Apa Brj.) homojen olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Konya Kapalı Havzasına ait trend ve homojenlik sonuçları haritalandırılarak sonuçlar görsel olarak ifade edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Konya Kapalı Havzası, Mann-Kendall testi, Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi, Run testi, Pettitt testi.

### Trend analysis of maximum flow values of konya closed basin

#### Abstract

Nowadays, climate changes affect the streams with their effects on temperature and rainfall. As a result of the increased maximum flow values, the overflow of the rivers and the structures built on the stream beds cause many lives and property losses. These losses reveal the importance of observation, monitoring and future analysis of stream flows. In this study, trends and homogeneity of the maximum flow values of 22 stations (D16A001/Beyşehir Kanalı, D16A003/Çarşamba Suyu, D16A013/Şarkikaraağaç S., D16A014/Soğuksu, D16A015/Üstünler S., D16A028/İbrala Ç., D16A048/Mamasın Brj., D16A066/Gebere Brj., D16A077/Gümüşler Brj., D16A078/Superte Ç., D16A080/Karasu, D16A087/Ayrancı S., D16A089/Uzandı D., D16A094/Gümüşler Brj., D16A095/Apa Brj., D16A098/Melendiz S., D16A100/Meram Ç., D16A101/Çavuş D., D16A115/Çarşamba S., D16A117/Seyithasan D., D16A126/Konya Ana Tah. Kan., D16A140/İvriz Ç.) in Konya Closed Basin were investigated. In this examination, as trend tests Mann-Kendall and Mann-Kendall Rank Correlation tests, as homogeneity tests Run and Pettitt tests were used and these tests were performed in 95% confidence interval using python programming language. When the results were examined, it was found that there were decreasing trends in 7 stations (D16A013/Şarkikaraağaç S.,

D16A077/Gümüşler Brj., D16A078/Superte Ç., D16A080/Karasu, D16A087/Ayrancı S., D16A089/Uzandı D., D16A098/Melendiz S., D16A126/Konya Ana Tah. Kan., D16A140/İvriz Ç.), increasing trends in 6 stations (D16A001/Beyşehir Kanalı, D16A003/Çarşamba Suyu, D16A015/Üstünler S., D16A087/Ayrancı S., D16A095/Apa Brj., D16A101/Çavuş D.). As a result of homogeneity tests, 17 stations (D16A003/Çarşamba Suyu, D16A013/Şarkikaraağaç S., D16A014/Soğuksu, D16A028/İbrala Ç., D16A048/Mamasın Brj., D16A077/Gümüşler Brj., D16A078/Superte Ç., D16A087/Ayrancı S., D16A089/Uzandı D., D16A094/Gümüşler Brj., D16A098/Melendiz S., D16A100/Meram Ç., D16A101/Çavuş D., D16A115/Çarşamba S., D16A117/Seyithasan D., D16A126/Konya Ana Tah. Kan., D16A140/İvriz Ç.) were found to be homogeneous and 5 stations (D16A001/Beyşehir Kanalı, D16A015/Üstünler S., D16A066/Gebere Brj., D16A080/Karasu, D16A095/Apa Brj.) were found to be not homogeneous. The trend and homogeneity results of Konya Closed Basin were mapped, and the results were expressed visually.

**Keywords:** Konya Closed Basin, Mann-Kendall test, Mann-Kendall Rank Correlation test, Run test, Pettit test.

## GİRİŞ

Yıllık anlık maksimum akım (YAMA), yıl içerisinde kaydedilen en büyük debiyi göstermektedir. Taşkın vb. durumların oluşumunda etkili olan bu debinin kaynağı ani olarak gözlemlenen aşırı yağışlar ve büyük kar kütlelerinin erimesi olarak gösterilebilir. Ortaya çıkan taşkın sonucunda can ve mal kaybı yaşanmaktadır. Bu ve benzeri zararların yaşanmasını önlemek amacıyla YAMA verilerinin geleceğe yönelik trend analizlerinin yapılması gerekmektedir. Yapılan trend analizleri parametrik ve parametrik olmayan yöntemler olarak 2 ana gruba ayrılabilir. Parametrik olarak adlandırılan yöntemlerde analiz verinin veri grubunda bulunduğu yere ve zamana bağlıken parametrik olmayan yöntemlerdeyse verinin rank değeri kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Hidrometeorolojik verilerdeki eğilim yıllar içinde pek çok araştırmacı tarafından incelenmiştir. İncelenen parametreler arasında ilk önce sıcaklık (Kadıoğlu, 1997; Kömüşçü, 1998; Toros, 2012; Doğan ve diğ., 2015;) ve yağış (Türkes, 1996) ardından akım (Kâhya ve Kalaycı, 2004; Cigizoglu ve diğ., 2005; Özkoca, 2015) değişkeni gelmektedir. Su kaynakları yöntemi çalışmalarında akımların eğilimlerinin tespiti büyük önem arz etmektedir. Eğilimlerin tespiti çalışmalarının sonuçları en çok baraj hazne tasarımı ve işletimi çalışmalarında, taşkın yapılarının projelendirilmesinde ve işletilmesinde, su kalitesi çalışmalarında ve su temini projelerinde kullanılmaktadır.

## MATERYAL VE METOD

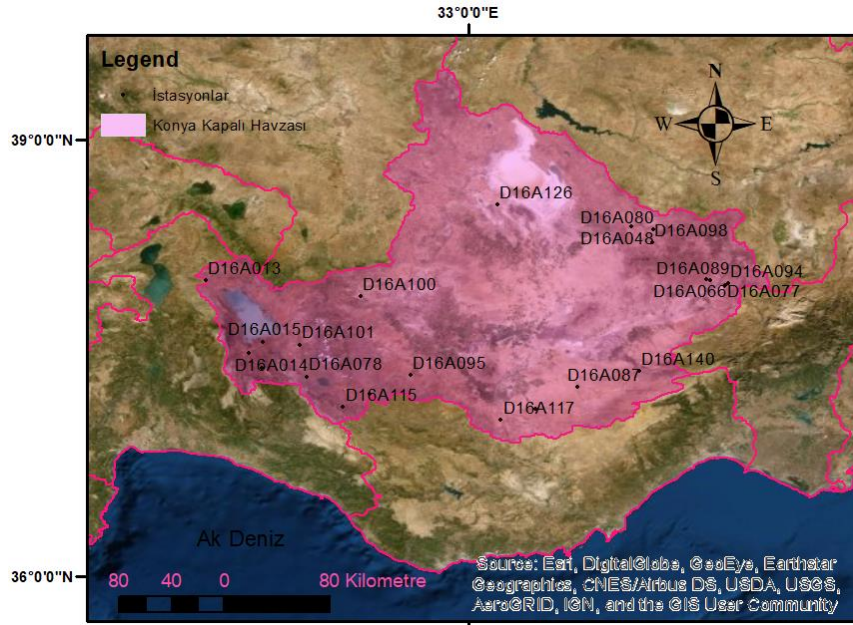
### Çalışma Alanı

Konya Kapalı Havzası Türkiye'nin Orta Anadolu Bölgesinde 36°51' ve 39°29' kuzey enlemleri ile 31°36' ve 34°52' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Yüzölçümü 4.980.534 hektar olup, Türkiye'nin yaklaşık %7'sini teşkil etmektedir. Havzayı kuzeyde Sakarya ve Kızılırmak, doğuda Kızılırmak ve Seyhan, güneyde Doğu Akdeniz, batıda Antalya ve Akarçay havzaları çevrelemektedir. Konya Kapalı Havzası, Anadolu'nun ortasında yükselen eski bir nehir yatağının hava hareketlerine bağlı olarak oluşmuştur. Havza doğal topografyası itibariyle sularını denize boşaltmamaktadır. Genel olarak düz bir ova (900-1.050 m. Arasında bir yükseklik) şeklindedir ve İç Anadolu Platosu'nun ana bölümünü oluşturmaktadır. Ova, havzanın yukarı su tutma havzasını oluşturan kireç taşıyla ve volkanik dağlık alanlarla kaplıdır. Bu dağlar denize drenajı da önlemektedir. Sularını ancak içerisindeki göllere, bataklıklara ya da yarı bataklıklara boşaltabildiğinden Konya kapalı havza niteliğindedir (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2016). Çalışmada Kullanılan verilerin periyodu 1961 ve 2015 yılları arasını (54 yıl) kapsamakta ve yapılan çalışma güven aralığının %95'lik kısmına karşılık gelen anlamlılık değeri  $\alpha=0.05$  seviyesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Konya Kapalı Havzasına ait harita Şekil 1'de ve istasyon konumlarını gösteren harita Şekil 2'de yer almaktadır.





Şekil 1. Konya Kapalı Havzasının Konu (Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2016).



Şekil 2. İstasyon Konumları

## Homojenlik Testleri

### Run Testi

Run testi ile incelenen veri grubunun aynı toplumdaki geldiği ve birbirinden bağımsız oldukları kabulü veya tersi şeklinde iki varsayım kontrol edilebilir (Oliver, 1981). Verilerin homojenliği için yapılan varsayımlar şunlardır;

$H_0$  hipotezi: Veriler homojendir.

$H_1$  hipotezi: Veriler homojen değildir.

Zaman serisinde veriler belirli bir seviyeden kesilerek (mod veya medyan) serideki her bir değer bu seviyenin altında veya üstünde olması durumları tespit edilir. Bu seviyenin altında seyreden verilerin sayısı  $N_a$ , üstünde seyreden verilerin sayısı  $N_b$  olarak adlandırılır. Bu değerlerin altında veya üstünde seyreden verilerden birinden diğerine geçiş sayıları toplamına run sayısı denir. Bu çalışmada %95 güven aralığı kullanıldığı için test sonucu elde edilen Z değeri veriler  $\pm 1.96$  ile karşılaştırılmıştır (Toros, 2011).

$$Z = \frac{r - \frac{2 \times N_2 \times N_b}{(N_2 + N_b)}}{\sqrt{\frac{2 \times N_2 \times N_b \times (2 \times N_2 \times N_b - N)}{N^2 \times (N - 1)}}} \quad (1)$$

Bu formülde  $N_a$  değeri “ortanca değerden küçük olan” değerlerinin sayısını,  $N_b$  değeri “ortanca değerden büyük olan” değerlerinin sayısını,  $N$  değeri ise veri sayısını ifade eder. Bu çalışmada %95 güven aralığında çalışıldığı için bu işlem sonucunda elde edilen  $\pm 1.96$  ile karşılaştırılmıştır.

### Pettitt Testi

1979 yılında Pettitt tarafından bulunan bu yöntemle bir zaman serisindeki homojenlik durumu belirlenmektedir. Bu test uygulanacağı zaman serisinin rankları kullanılır.  $H_0$  hipotezi serinin homojen olduğunu belirtirken  $H_1$  hipotezi homojen olmadığını belirtir (Pettitt, 1979).

$$S_k = \sum_{i=1}^k ri - k \times (N + 1) \quad (2)$$

$$Se = \max |S_k| \quad (3)$$

**Tablo 1.** %95 Güven aralığına ait kritik Se değerleri

N	20	30	40	50	70	100
5%	57	107	167	235	393	677

### Trend Testleri

#### Mann-Kendall Trend Testi

Bu testte verilerin zamana bağlı serideki yeri değil rankı önemlidir. Bu sebeple verilerin zaman serisindeki yerinden etkilenmez. Öncelikle veri setine korelasyon uygulanması gereklidir (Mann 1945, Kendall 1975).

$$Var(S) = \frac{[n(n-1)(2n+5)]}{18} \quad (4)$$

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}} \rightarrow S > 0 \\ 0 \rightarrow S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}} \rightarrow S < 0 \end{cases} \quad (5)$$

$H_0$  hipotezi trendin olmadığını belirtir.  $H_1$  hipotezi ise trend olduğunu gösterir.

#### Mann-Kendall Rank Korelasyon Testi

Parametrik olmayan bir test olan Mann-Kendall Sıra Korelasyon testi seride zamanla artma ya da azalma olup olmadığını bulmak için kullanılır. Test sonuçları grafiksel olarak ifade edilirken trendin başlangıç noktası belirlenebilmektedir.

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (6)$$

$$E(t) = \frac{n(n-1)}{4} \quad (7)$$

$$Var(t) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{72} \quad (8)$$

$$u(t) = \frac{t - E(t)}{\sqrt{Var(t)}} \quad (9)$$

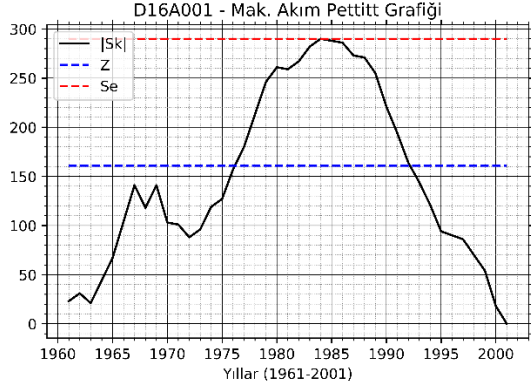
Bu test sonucu elde edilen  $u(t)$  değeri serinin zaman içerisinde gösterdiği eğim hakkında bilgi verir.  $u(t)$  değerinin pozitif yada negatif olması eğimin (trendin) pozitif yada negatifliği ile ilgilidir. Uygulanan bu test %95 güven aralığında  $\pm 1.96$  ile karşılaştırılarak karar verilir. Geri yönde  $u'(t)$  de  $u(t)$  ile aynı şekilde bulunur.  $u(t)$  ve  $u'(t)$  değişimin başladığı noktada birbirlerine yaklaşır ve istatistiksel olarak anlamlı olabilmesi için bu iki değer birbirlerini keserek %95 güven aralığında  $\pm 1.96$  sınırlarını aşması beklenir (Gümüş, 2006).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

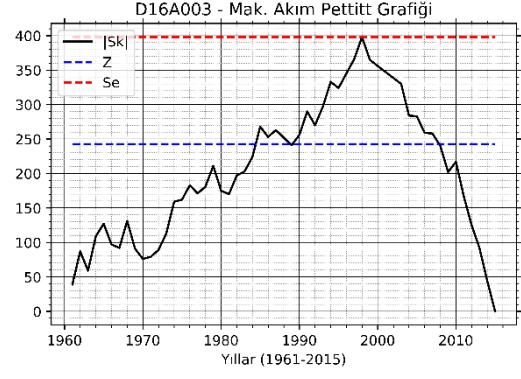
Uygulanan homojenlik ve trend analiz metotları için detaylı sonuçlar Tablo 2.'de gösterilmiştir. Run testi uygulandıktan sonra elde edilen sonuçlar incelendiğinde 22 istasyonun %95 güven aralığında 17 tanesi homojen olarak belirlenmiş ve geriye kalan 5 istasyonun homojen olmadığı belirlenmiştir. Pettitt testi sonuçlarına göre ise 22 istasyondan %95 güven aralığında 7 tanesi homojen olarak belirlenmiş ve 14 istasyonun homojen olmadığı belirlenmiştir. Pettitt testine ait detaylı grafikler Şekil 3-25'de gösterilmiştir. Mann-Kendall Sıra Korelasyon yöntemine ait detaylı grafikler Şekil 26- 47'de gösterilmiştir. Mann-Kendall ve Mann-Kendall Sıra Korelasyon yöntemlerine ait sonuçların uyumlu olduğu görülmektedir.

**Tablo 2.** Analizlere ait sonuçlar

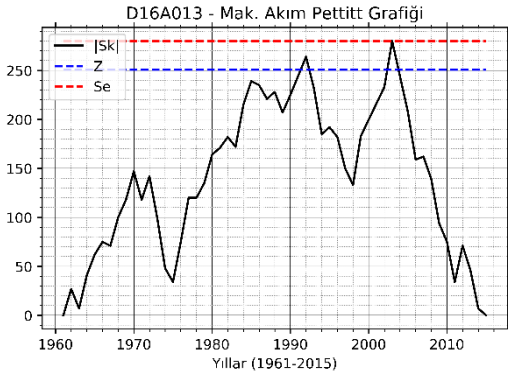
İstasyon Kodu	Suyun Adı	İstasyon Adı	Run Testi Z Değerleri	Pettitt Testi Z Değerleri	Mann-Kendall Testi Z Değerleri	Mann-Kendall Sıra Korelasyon Testi Z Değerleri
D16A001	Beyşehir Kanalı	İncesu	<b>-1,97</b>	<b>290,00</b>	<b>4,05</b>	<b>3,54</b>
D16A003	Çarşamba Suyu	Mavi	0,45	<b>398,00</b>	<b>3,18</b>	<b>3,08</b>
D16A013	Şarkikaraağaç S.	Çelték Köp.	0,01	<b>280</b>	<b>-2,3</b>	<b>-2,43</b>
D16A014	Soğuksu	Yeşiladağ	-1,86	<b>161</b>	0,86	0,8
D16A015	Üstünler S.	Üstünler	<b>-3,24</b>	<b>385</b>	<b>4,53</b>	<b>4,45</b>
D16A028	İbrala Ç.	Nalama Çiftliği	1,25	98,00	0,22	0,14
D16A048	Mamasın Brj.	Çıkış	-1,8	161	1,18	0,83
D16A066	Gebere Brj.	Çıkış	<b>-1,98</b>	<b>168</b>	1,24	0,35
D16A077	Gümüşler Brj.	Çıkış	-1,46	<b>256</b>	<b>-3,07</b>	<b>-3,28</b>
D16A078	Superte Ç.	Taşığıl	-0,16	<b>189</b>	<b>-2,12</b>	<b>-2,14</b>
D16A080	Karasu	Demirci	<b>-2,75</b>	<b>388</b>	<b>-4,27</b>	<b>-4,47</b>
D16A087	Ayrancı S.	Kavaklık	-0,32	<b>196</b>	<b>1,98</b>	1,93
D16A089	Uzandı D.	Kırkpınar Köp.	0,35	<b>202</b>	<b>-3,03</b>	<b>-3,13</b>
D16A094	Gümüşler Brj.	Giriş	1,77	86	-1,07	-1,29
D16A095	Apa Brj.	Çıkış	<b>-4,16</b>	<b>356</b>	<b>5,71</b>	<b>5,59</b>
D16A098	Melendiz S.	Selime	0	<b>108</b>	<b>-2,27</b>	<b>-2,37</b>
D16A100	Meram Ç.	Küçükmuhsine	0,37	39	-0,48	-0,55
D16A101	Çavuş D.	Aşağıesence	-0,83	<b>190</b>	<b>2,11</b>	<b>2,07</b>
D16A115	Çarşamba S.	Sorkun	0,51	120	-0,79	-0,92
D16A117	Seyithasan D.	Seyithasan	0,52	123	-1,31	-1,41
D16A126	Konya Ana Tah. Kan.	Gölyazı	-1,59	<b>234</b>	<b>-4,2</b>	<b>-4,28</b>
D16A140	İvriz Ç.	Aydinkent	0,74	65	-0,5	-0,7



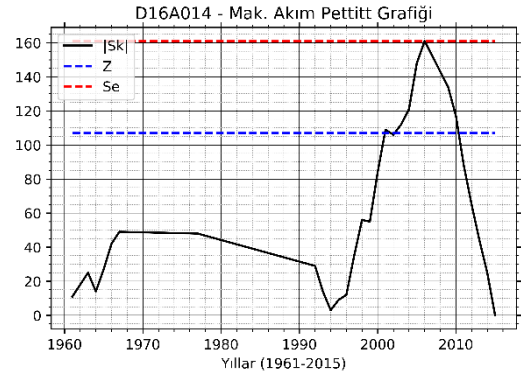
Şekil 3. D16A001 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



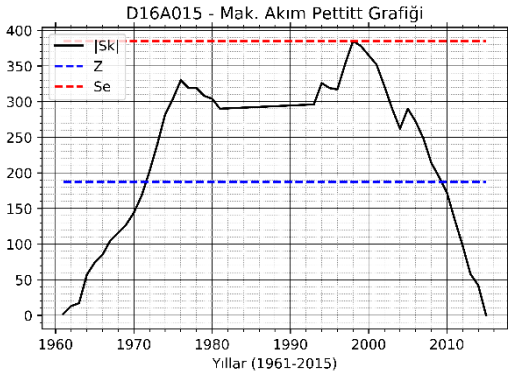
Şekil 4. D16A003 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



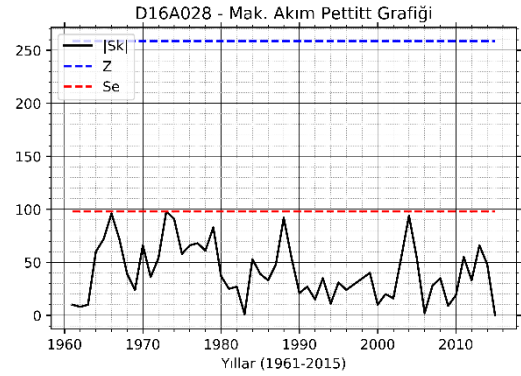
Şekil 5. D16A013 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



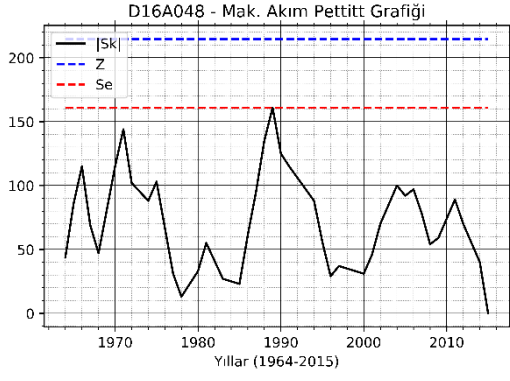
Şekil 6. D16A014 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



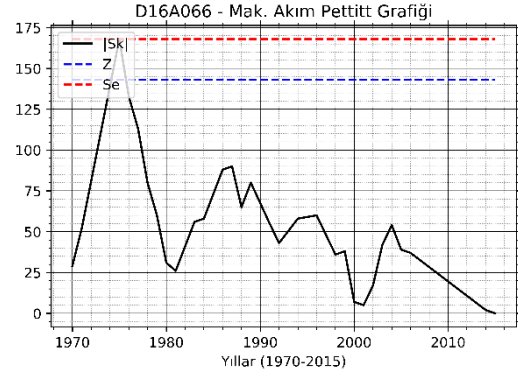
Şekil 7. D16A015 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



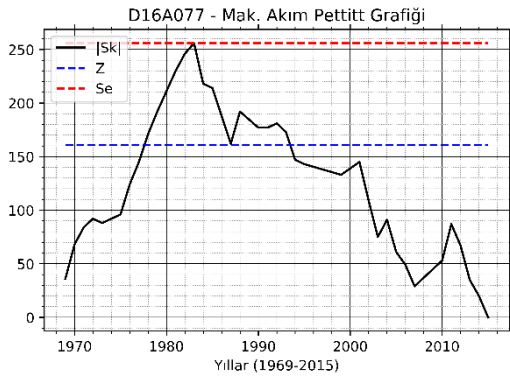
Şekil 8. D16A028 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



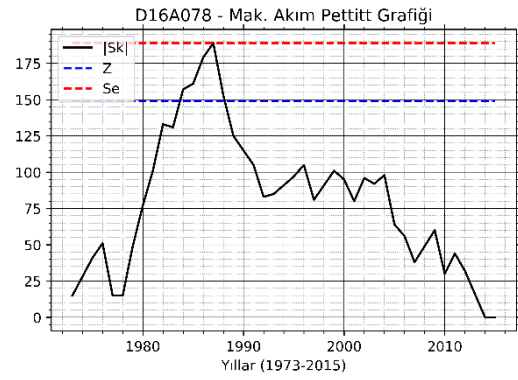
Şekil 9. D16A048 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



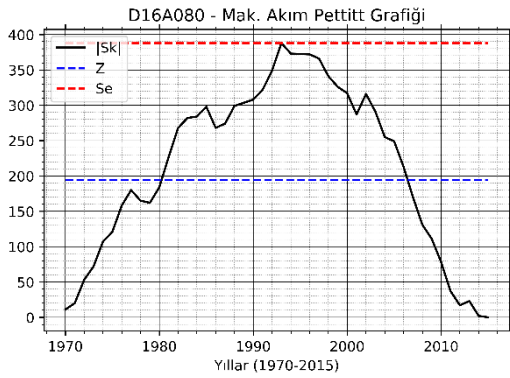
Şekil 10. D16A066 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



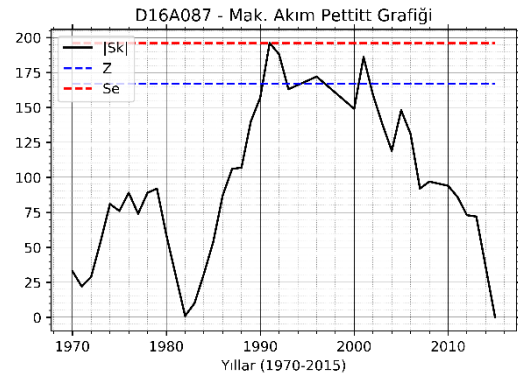
Şekil 11. D16A077 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



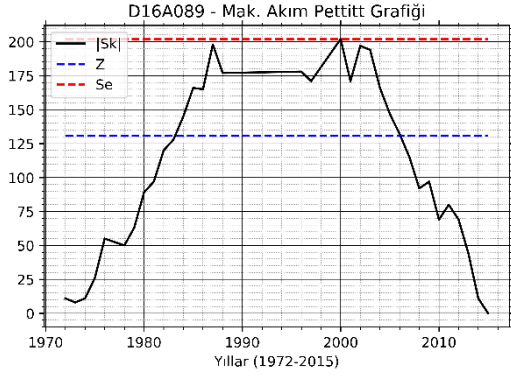
Şekil 12. D16A078 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



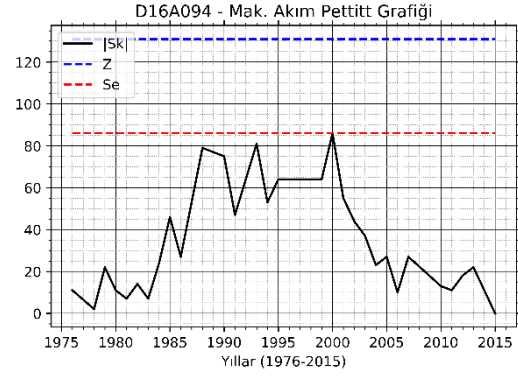
Şekil 13. D16A080 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



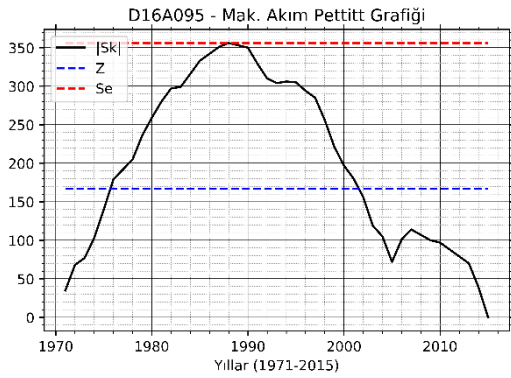
Şekil 14. D16A087 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



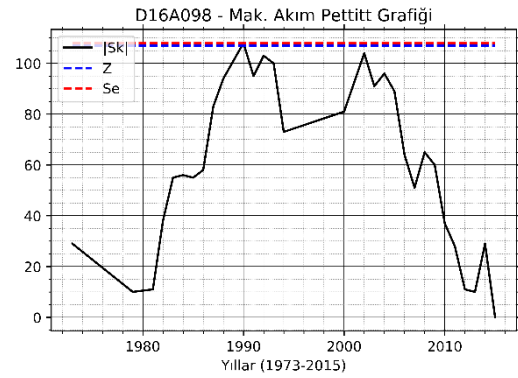
Şekil 15. D16A089 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



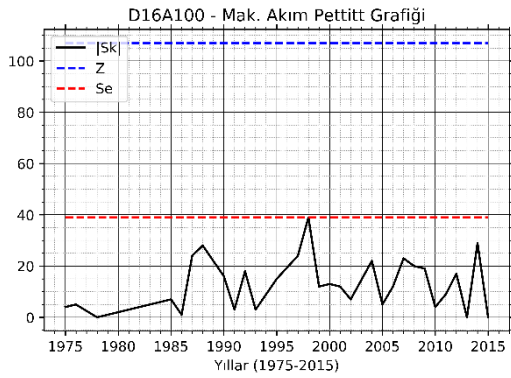
Şekil 16. D16A094 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



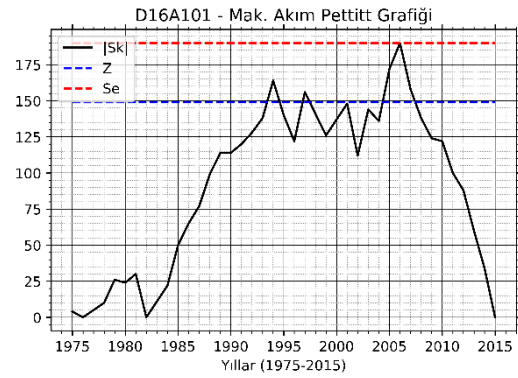
Şekil 17. D16A095 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



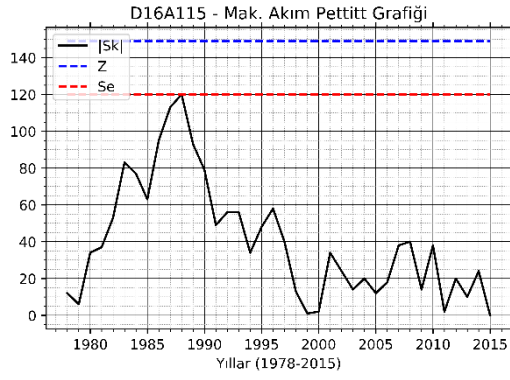
Şekil 18. D16A098 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



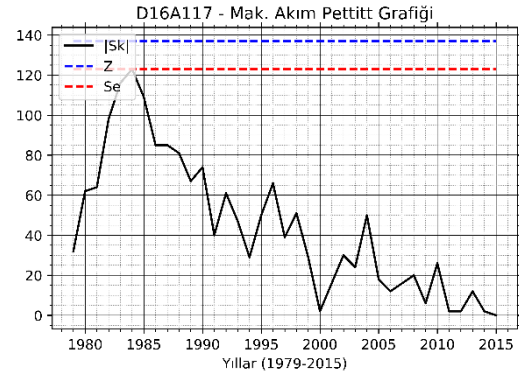
Şekil 19. D16A100 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



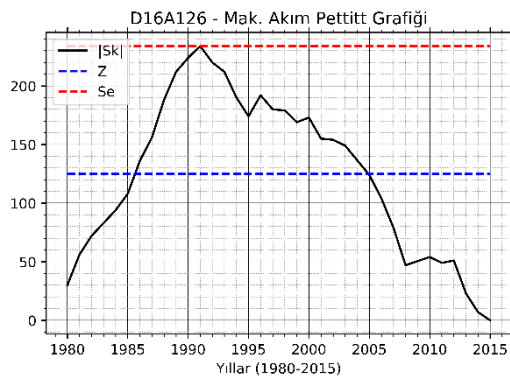
Şekil 20. D16A101 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



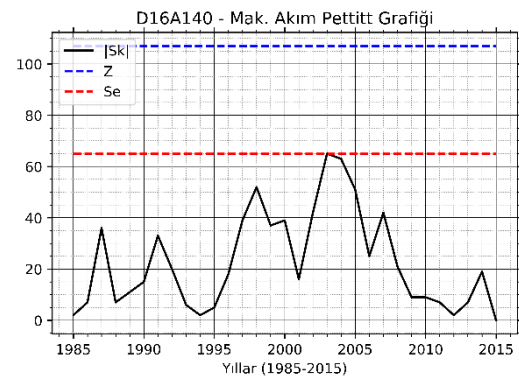
Şekil 22. D16A115 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



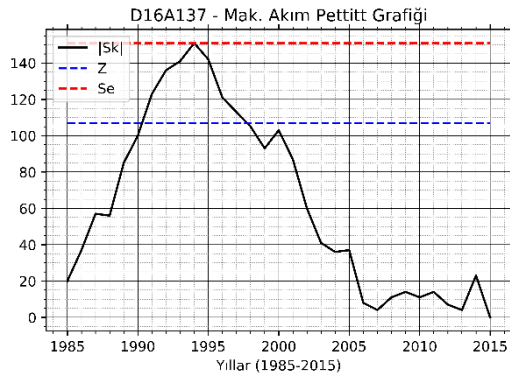
Şekil 23. D16A117 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



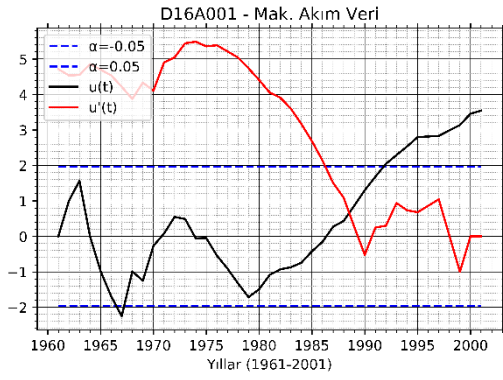
Şekil 24. D16A126 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



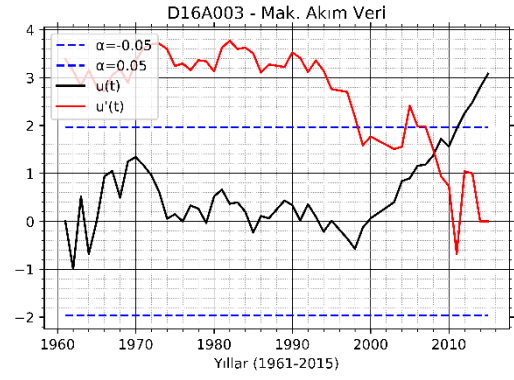
Şekil 26. D16A140 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



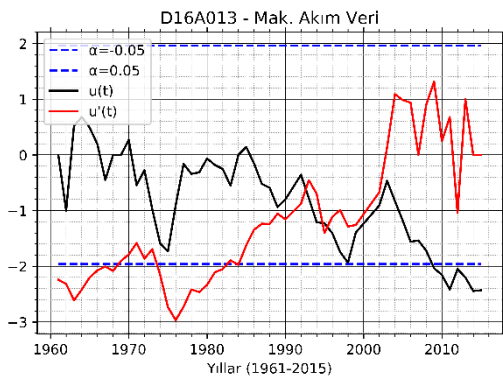
Şekil 25. D16A137 kodlu istasyona ait Pettitt Grafiği



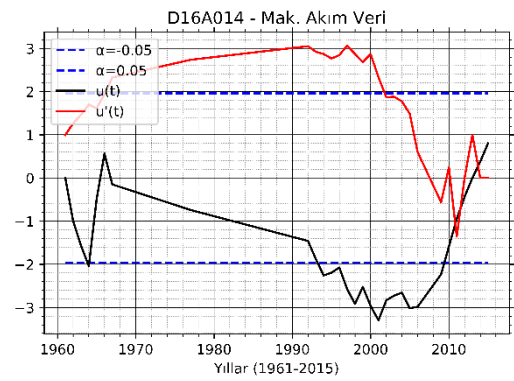
Şekil 26. D16A001 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



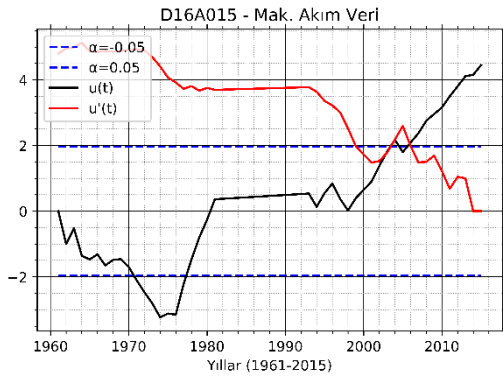
Şekil 27. D16A003 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



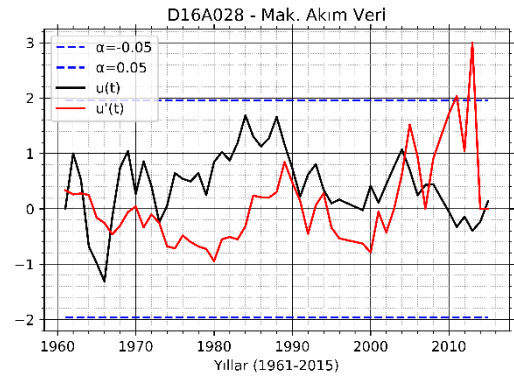
Şekil 28. D16A013 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



Şekil 39. D16A014 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği

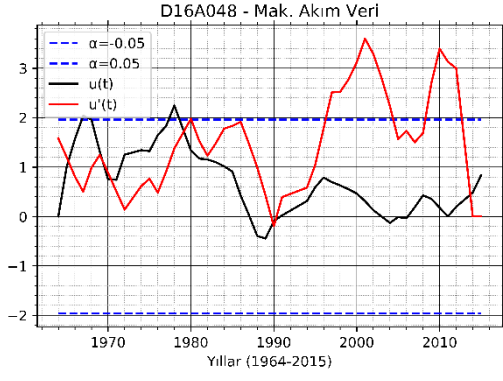


Şekil 30. D16A015 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği

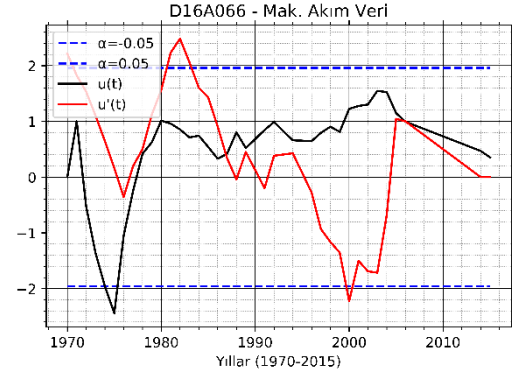


Şekil 31. D16A028 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği

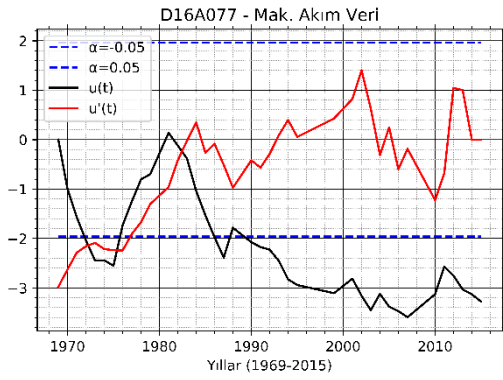




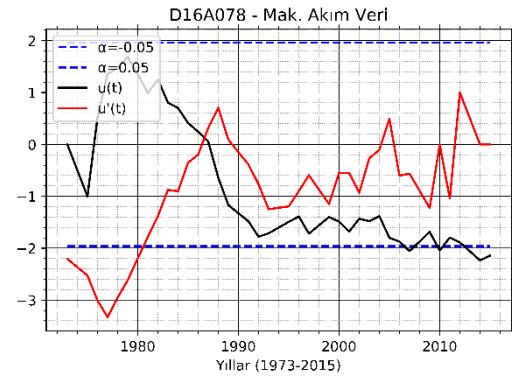
Şekil 32. D16A048 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



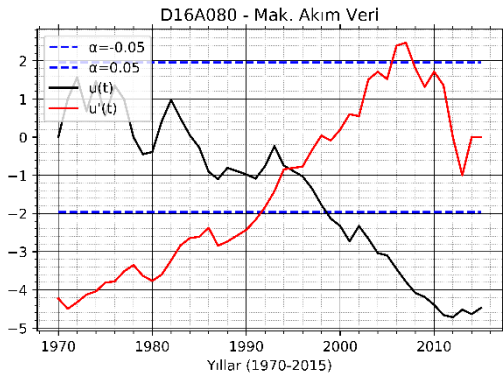
Şekil 33. D16A066 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



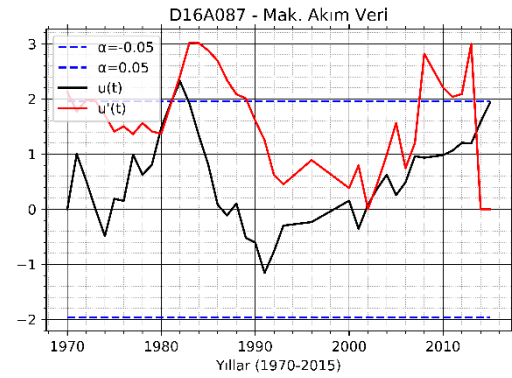
Şekil 34. D16A077 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



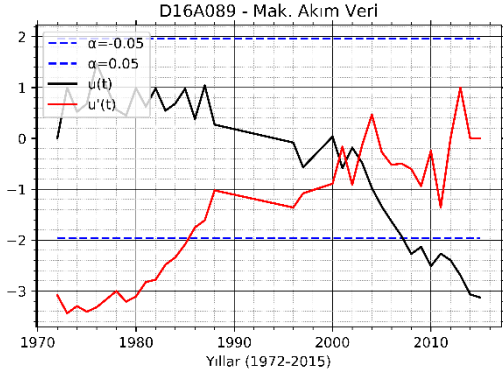
Şekil 35. D16A078 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



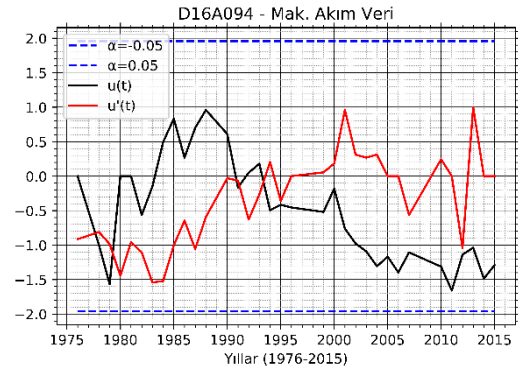
Şekil 36. D16A080 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



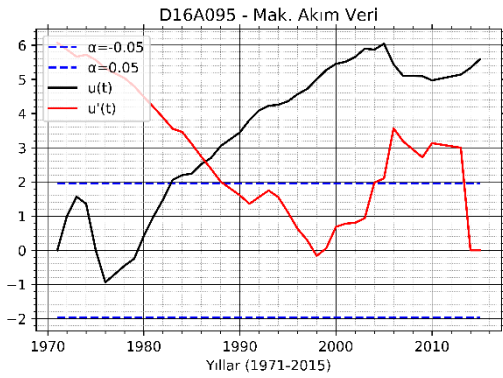
Şekil 37. D16A087 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



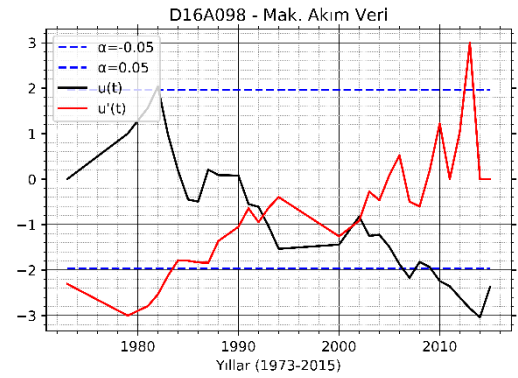
Şekil 38. D16A089 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



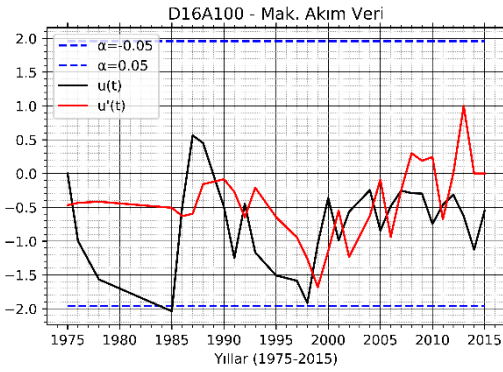
Şekil 39. D16A094 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



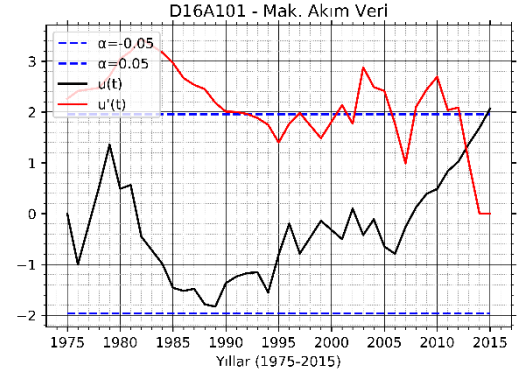
Şekil 40. D16A095 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



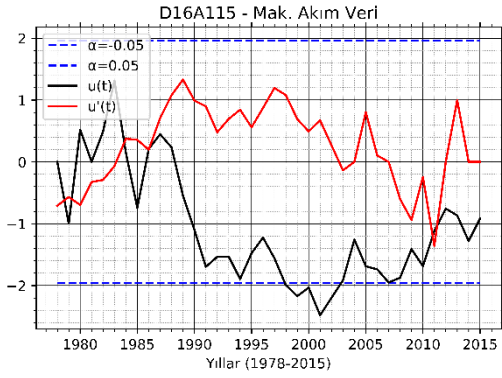
Şekil 41. D16A098 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



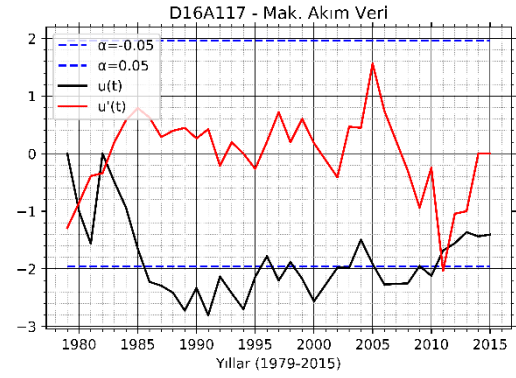
Şekil 42. D16A100 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



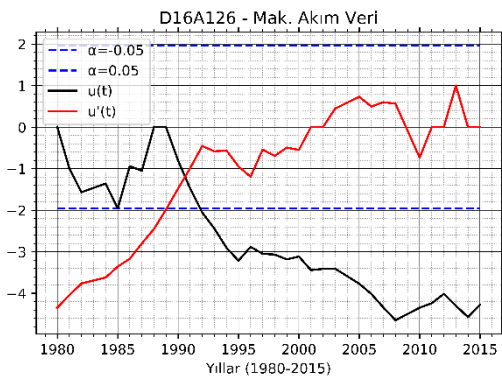
Şekil 43. D16A101 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



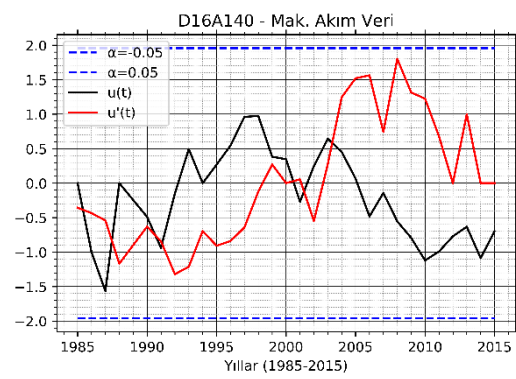
Şekil 44. D16A115 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



Şekil 45. D16A117 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



Şekil 46. D16A126 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği



Şekil 47. D16A140 kodlu istasyona ait MK-SK Grafiği

## SONUÇ

Bu çalışmada Yıllık Anlık Maksimum Akım (YAMA) ( $m^3/s$ ) verileri kullanılarak dört farklı yöntemle homojenlik ve trendleri incelenmiştir. Tablo 2 incelendiğinde Mann-Kendall ve Mann-Kendall Sıra Korelasyon yöntemlerinden elde edilen sonuçların büyük kısmının birbirleriyle uyum gösterdiği görülmektedir. Aynı tabloda bulunan Mann-Kendall yöntemine ait sonuçlar incelendiğinde 22 istasyondan 6 tanesinin artan yönde, 7 tanesinin azalan yönde trend varlığı gösterdiği, Mann-Kendall Sıra Korelasyon yöntemine ait sonuçlar incelendiğinde ise 5 adet istasyonun artan yönde, 7 adet azalan yönde trend varlığı göstermektedir. Sonuçlar bölge geneli için incelendiğinde ise Mann-Kendall yöntemi sonuçlarına göre %27.3 artan, %31.8 azalan trend, Mann-Kendall Sıra Korelasyon yöntemi sonuçlarına göre ise %22.7 artan, %31.8 azalan yönde trend olduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Cigizoglu H. K., Bayazit M. ve Onoz B. 2005. Trends in the maximum, mean and low flows of Turkish rivers. *Journal of Hydrometeorology*, 6(3):280-290.
- Dogan M. Ulke A. ve Cigizoglu H.K. 2015 Trend direction changes of Turkish temperature series in the first half of 1990s. *Theor. Appl. Climatol*, 121(1-2):23-39.
- Gümüş V. 2006. Fırat havzası akımlarının trend analizi ile değerlendirilmesi. *Yedinci Uluslararası İnşaat Mühendisliğinde Gelişmeler Kongresi*, İstanbul.
- Hüseyin Toros. T.C İstanbul Teknik Üniversitesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü. Available at: <https://web.itu.edu.tr/toros/uygulamalar/> [11.02.2020].
- Kadioğlu M. 1997. Trends in surface air temperature data over Turkey. *International Journal of Climatology*, 15:511-520.
- Kahya E. Ve Kalayci S. 2004. Trend analysis of streamflow in Turkey. *J Hydrol* 289:128-144.
- Kendall M. G. 1975. *Rank Correlation Methods*. London: Chtirles Griffin.

- Komuscu A.U. 1998 An analysis of the fluctuations in the long-temannual mean air temperature data of Turkey. *Int J Climatol*, 18:199–213.
- Mann H. B. 1945. Nonparametric tests against trend. *Econometrica* 13(3):245–259.
- Oliver R. L. 1981. Measurement And Evaluation Of Satisfaction Processes In Retail Settings. *Journal of Retailing* 57:25–48.
- Özkoca T. 2015. Orta karadeniz bölgesi kıyı illerinin hidrometeorolojik parametrelerinin trend analizi, Yüksek Lisans Tezi, Danışman: Aslı Ülke, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Pettitt A. N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Journal of Applied Statistics*, 28(2):126. DOI: <https://doi.org/10.2307/2346729>
- Toros H. 2012. Spatio-temporal variation of daily extreme temperatures over Turkey. *Int J Climatol*, 32:1047–1055.
- Turkes M. 1996. Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey, *International Journal of Climatology*, 16: 1057-1076.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü 2016. İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisi projesi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü.

## Sabit mıknatıslı senkron motorun alan yönlendirmeli hız kontrolü

Mustafa Dursun<sup>1</sup>, Mehmet Karayel<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Düzce, Türkiye

<sup>2\*</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Elektrik ve Enerji Bölümü, Çankırı, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: mkarayel@karatekin.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, Sabit Mıknatıslı Senkron Motor (SMSM)'un alan yönlendirmeli vektör kontrolüne dayalı hız kontrolü matematiksel modelleme ve simülasyonu Matlab/Simulink programı kullanılarak yapılmıştır. Alan yönlendirmeli vektör kontrolünde, akım ve hız denetimleri PI kontrol algoritması ile gerçekleştirilmiştir. SMSM akım denetimli gerilim kaynaklı everici tarafından beslenmektedir. Eviricinin akım denetimi ve anahtarlama sıralarının belirlenmesinde histerisiz darbe genişlik modülasyonu kullanılmıştır. SMSM değişik hız ve yük koşullarında çalıştırılarak performansı incelenmiş ve elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Simülasyonda SMSM parametreleri Matlab/Simulink programında paket olarak bulunun 8 Nm tork, 300 VDC beslemeli ve 2000 RPM hıza değerlerine sahip sabit mıknatıslı senkron motorun parametreleri referans alınarak oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Sabit mıknatıslı senkron motor, Alan yönlendirmeli vektör kontrol, Gerilim kaynaklı inverter, Histerisiz darbe genişlik modülasyonu.

### Field-oriented speed control of permanent magnet synchronous motor

#### Abstract

In this study, mathematical modeling and simulation of permanent magnet synchronous motor (SMSM) based on field oriented vector control is performed by using Matlab / Simulink program. In field oriented vector control, current and speed controls were performed with PI control algorithm. The SMSM is supplied by the current controlled voltage source converter. Hysteresis pulse width modulation is used to determine the current control and switching sequences of the inverter. SMSM is operated under different speed and load conditions and its results are presented. SMSM parameters in the simulation are based on the parameters of the permanent magnet synchronous motor with 8 Nm torque, 300 VDC and speed of 2000 RPM which are included in the Matlab / Simulink program.

**Keywords:** Permanent magnet synchronous motor, Field oriented vector control, Voltage source inverter, Hysteresis pulse width modulation.

### GİRİŞ

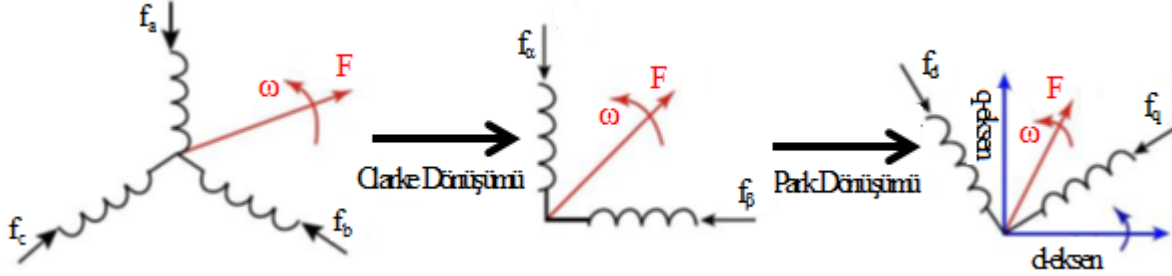
Sabit Mıknatıslı Senkron Motorlar (SMSM) elektrik motorları arasında yüksek güç yoğunluğu ve yüksek verime sahip elektrik motorlarından biridir. SMSM'ler yüksek hız/pozisyon hassasiyeti ve yüksek moment/atalet gerektiren uygulamalarda çokça tercih edilmektedir. Asenkron motorlar gibi tahrik motorlarına göre daha küçük boyutlu olmakta ve az bakım gerektirmektedir. Bu özellikleri ile farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Erken, 2014).

Sabit mıknatıslı senkron motorlar bir sürücüye ihtiyaç duyarlar. Bu durum Doğru akım ve Asenkron motorlar gibi diğer motorlara kıyasla daha maliyetli ve üretimi daha karmaşık olmaktadır. Son zamanlarda Güç elektroniği ve yarı iletken teknolojisi alanındaki gelişmeler, SMSM motor sürücülerinde kullanılan anahtarlama elemanları ve diğer komponentlerin çeşitliliğinin artmasına bağlı olarak fiyatlarının azalmasına, sürücü maliyetlerinin de düşmesine sebep olmuştur. Mıknatıs teknolojisindeki verim ve maliyete dayalı gelişmeler ile fiyatları daha uygun hale gelen SMSM'lar giderek yaygınlaşmaktadır.

## Sabit Mıknatıslı Senkron Motorların Modellenmesi

### Referans Düzlem Dönüşümleri

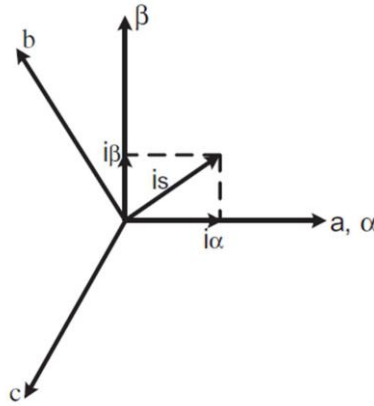
Üç fazlı Alternatif akım motorlarının modellenmesi yapılırken, faz düzlemleri arasında dönüşüm gerçekleştirilir. Faz dönüşümü genellikle üç fazlı düzlemden referans iki faz sabit düzleme (Carken dönüşümü) veya referans iki faz sabit düzlemden çok fazlı düzleme (Ters Carken dönüşümü), referans iki faz sabit düzlemden birbirine 90° dik iki faz rotor düzlemine (Park dönüşümü) ve birbirine 90° dik iki faz rotor düzleminden referans iki faz sabit düzleme (Ters Park dönüşümü) şeklinde gerçekleştirilir. Şekil 1’de referans düzlem dönüşümleri gösterilmektedir.



Şekil 1. Referans düzlem dönüşümleri.

### Carken Dönüşümü (a,b,c) ↔ (α,β)

Carken dönüşümü yöntemi kullanılarak, motor sinyalleri üç faz stator sabit düzlemden iki faz birbirine 90° dik referans sabit düzleme dönüştürülür. Üç faz sabit düzlemden iki faz sabit düzleme dönüştürme için Carken dönüşümü kullanılır. Faz dönüşümleri ile motor modellemesinde değişkenlerin sayısı azaltılmakta ve çözüm kolaylaştırılmaktadır. Şekil 2’de Carken dönüşümünde bileşenler gösterilmekte ve fazör diyagramında a fazına ait düzlem ile α fazına ait düzlem aynı yönde oldukları kabul edilmiştir. Carken ve Ters Carken dönüşüm denklemleri sırasıyla (1) ve (2)’de verilmiştir.



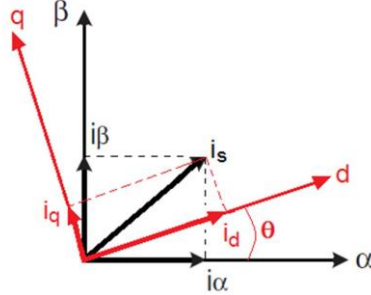
Şekil 2. Carken dönüşümünde bileşenler.

$$\begin{bmatrix} f_{\alpha} \\ f_{\beta} \\ f_0 \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ 0 & \frac{\sqrt{3}}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} f_a \\ f_b \\ f_c \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -\frac{1}{2} & \frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \\ -\frac{1}{2} & -\frac{\sqrt{3}}{2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{\alpha} \\ f_{\beta} \\ f_0 \end{bmatrix} \quad (2)$$

### Park Dönüşümü ( $\alpha, \beta$ ) $\leftrightarrow$ ( $d, q$ )

Park dönüşüm yöntemi, iki faz birbirine  $90^\circ$  dik referans sabit düzlemden iki faz rotor düzlemine İki faz rotor döner düzleminden, iki faz birbirine  $90^\circ$  dik referans sabit düzleme dönüşüm için kullanılır. Şekil 3’de Park dönüşümünde bileşenlerine ait vektör diyagramı verilmiştir. Park ve Ters Park dönüşüm denklemleri sırasıyla (3) ve (4)’de verilmiştir.



Şekil 3. Park dönüşümünde bileşenler.

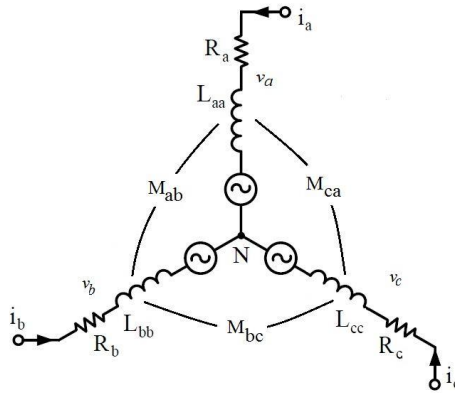
$$\begin{bmatrix} f_d \\ f_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & \sin\theta_r \\ -\sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_\alpha \\ f_\beta \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} f_\alpha \\ f_\beta \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta_r & -\sin\theta_r \\ \sin\theta_r & \cos\theta_r \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_d \\ f_q \end{bmatrix} \quad (4)$$

Denklem (3) ve (4)’de  $f_d$  ve  $f_q$  rotor referans düzleminde stator d-q fazör bileşenlerini,  $\theta_r$  rotor açısını ifade etmektedir. Burada d-q fazör bileşenlerini ait akım ve gerilim değişkenleri bu denklemler kullanılarak bulunabilir.

### Sabit Mıknatıslı Senkron Motorun Üç Faz abc Eşdeğer Devresi ve Modeli

SMSM’nin üç faz abc modeli Şekil 4’de gösterilen eşdeğer devre kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Eşdeğer devrede  $v_a, v_b, v_c$  stator faz-nötr gerilimlerinin ani değerini,  $i_a, i_b, i_c$  stator akımlarının ani değerini,  $R_a, R_b, R_c$  stator faz sargılarına ait omik direnç değerlerini,  $L_{aa}, L_{bb}, L_{cc}$  stator faz sargılarına ait toplam emdüktrans değerlerini,  $M_{ab}, M_{bc}, M_{ca}$  stator faz sargılarının fazlar arası karşılıklı endüktrans değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 4. SMSM üç faz stator eşdeğer devresi.

Motora uygulanan üç fazlı sinüzoidal gerilimler aşağıdaki gibi ifade edilir;

$$v_a = V_m \sin\omega_e t \quad (5)$$

$$v_b = V_m \sin(\omega_e t - 2\pi/3) \quad (6)$$

$$v_c = V_m \sin(\omega_e t + 2\pi/3) \quad (7)$$

stator direnci, öz ve karşılıklı endüktans değerleri eşit kabul edilirse;

$$\begin{aligned} R_a &= R_b = R_c = R_s \\ L_{aa} &= L_{bb} = L_{cc} = L_s \\ M_{ab} &= M_{bc} = M_{ca} = M \end{aligned} \quad (8)$$

stator gerilimleri;

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix} \quad (9)$$

faz sargı akıları;

$$\begin{bmatrix} \psi_a \\ \psi_b \\ \psi_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_{aa} & M_{ab} & M_{ac} \\ M_{ba} & L_{bb} & M_{bc} \\ M_{ca} & M_{cb} & L_{cc} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \psi_m \begin{bmatrix} \cos\theta_e \\ \cos(\theta_e - 2\pi/3) \\ \cos(\theta_e + 2\pi/3) \end{bmatrix} \quad (10)$$

Denklem (10)'u denklem (9)'da yerine yazılır ve denklem (8)'deki eşitlikler uygulanırsa;

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = R_s \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + L_s \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \omega_e \psi_m \begin{bmatrix} \cos\theta_e \\ \cos(\theta_e - 2\pi/3) \\ \cos(\theta_e + 2\pi/3) \end{bmatrix} \quad (11)$$

elde edilir. Burada  $\psi_a, \psi_b, \psi_c$  faz sargılarının toplam akılarını,  $\psi_m$  sabit mıknatısların oluşturduğu manyetik akının statora indirgenmiş genliğini,  $R_s$  stator direncini,  $L_s$  ise senkron endüktansı,  $\theta_e$  rotorun elektriksel yer değiştirmesini temsil etmektedir.

Motorun elektriksel çıkış gücü ve elektromanyetik moment ifadesi;

$$P_e = e_a I_a + e_b I_b + e_c I_c \quad (12)$$

$$T_e = P_e / \omega_e \quad (13)$$

$$T_e = p \left\{ \frac{1}{2} [i_{abc}]^T \frac{\partial [L_{abc}]}{\partial \theta_r} [i_{abc}] + [i_{abc}]^T \frac{\partial [\psi_{abc}]}{\partial \theta_r} \right\} \quad (14)$$

Burada  $\theta_r$  mekanik rotor konumu, p ise motorun çift kutup sayısıdır.

Elektriksel moment denklemi ise aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$T_e = T_m + J \frac{d\omega_e}{dt} + B_m \omega_e \quad (15)$$

Burada  $\omega_m$  mekanik açısal hız, J atalet momenti,  $T_y$  yük momenti ve  $B_m$  makina ve dönen sistemin sürtünme katsayısıdır.  $\theta_e$  elektriksel konum ile  $\omega_e$  elektriksel açısal hız arasında aşağıdaki bağıntılar yazılabilir.



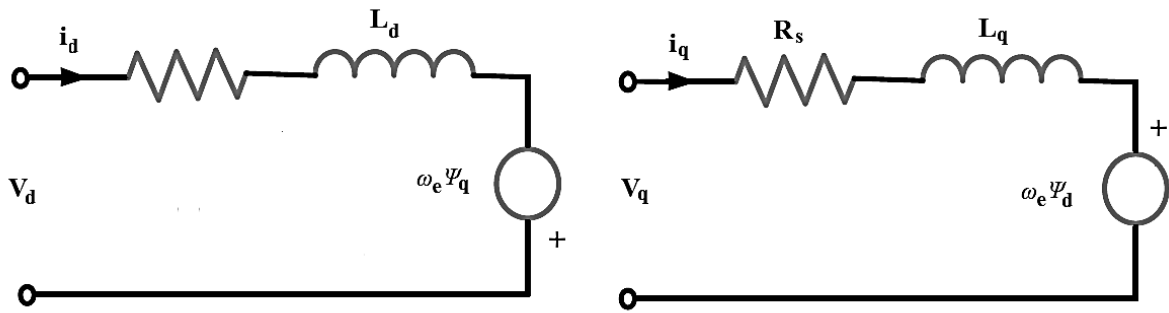
$$\omega_e = \frac{d\theta_e}{dt} \quad (16)$$

$$\theta_r = \frac{1}{p} \theta_e \quad (17)$$

$$\omega_e = \frac{1}{p} \omega_m \quad (18)$$

### Sabit Mıknatıslı Senkron Motorun dq0 Eşdeğer Devresi ve Modeli

SMSM'lerin modellenmesinde kullanılan bir diğer yöntem de stator büyüklüklerinin rotor düzlemine aktarılarak elde edilen d-q modelidir. Serbest uyarımlı senkron makinaları modeline benzeyen bu modelde hesaplama yapmak daha kolay ve hızlıdır. Üç faz düzlemdeki akım ve gerilim değişkenleri sırayla clarke dönüşümü ve park dönüşümü yöntemleri kullanılarak rotor referans düzlemine taşınmaktadır. Şekil 11'de SMSM d-q eşdeğer devresi görülmektedir.



Şekil 11. SMSM d-q eşdeğer devresi.

Denklem (11)'de verilen motorun gerilim denklemlerine Carken ve Park dönüşümleri uygulandığında;

$$V_d = r_s i_d + \frac{d}{dt} \Psi_d - \Psi_q \omega_e \quad (19)$$

$$V_q = r_s i_q + \frac{d}{dt} \Psi_q - \Psi_d \omega_e \quad (20)$$

Burada  $V_d$  ve  $V_q$  d ve q eksen gerilimlerini,  $i_d$  ve  $i_q$  d ve q eksen akımlarını,  $\Psi_d$  ve  $\Psi_q$  ise d ve q eksen akılarını göstermektedir. D ve q eksen akı ifadeleri, denklem (21) ve (22)'de verilmektedir.

$$\Psi_q = L i_q \quad (21)$$

$$\Psi_d = L i_d + \Psi_m \quad (22)$$

Bu ifadeler denklem (19) ve (20)'de yerine yazılacak olursa;

$$V_d = r_s i_d + L_d \frac{d}{dt} i_d - L_q i_q \omega_e \quad (23)$$

$$V_q = r_s i_q + L_q \frac{d}{dt} i_q + L_d i_d \omega_e + \omega_e \Psi_m \quad (24)$$

Denklem (23) ve (24)'de gerekli düzenlemeler yapılırsa,  $i_d$  ve  $i_q$  denklemleri aşağıdaki gibi yazılır:

$$\frac{d}{dt} i_d = \frac{1}{L_d} \{V_d - r_s i_d + L_q i_q \omega_e\} \quad (25)$$

$$\frac{d}{dt} i_q = \frac{1}{L_q} \{V_q - r_s i_q + L_d i_d \omega_e - \omega_e \psi_m\} \quad (26)$$

Elektromanyetik ya da endüklenen moment ifadesi ise;

$$T_e = \frac{3}{2} p [\psi_m i_q + (L_d - L_q) i_d i_q] \quad (27)$$

Elektromanyetik moment ifadesi elde edildikten sonra hız denklemini aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\frac{d}{dt} \omega_m = \frac{3}{2} \frac{p}{J} \{ (L_d - L_q) i_d i_q + i_q \psi_m \} - \frac{B \omega_m}{J} - \frac{T_m}{J} \quad (28)$$

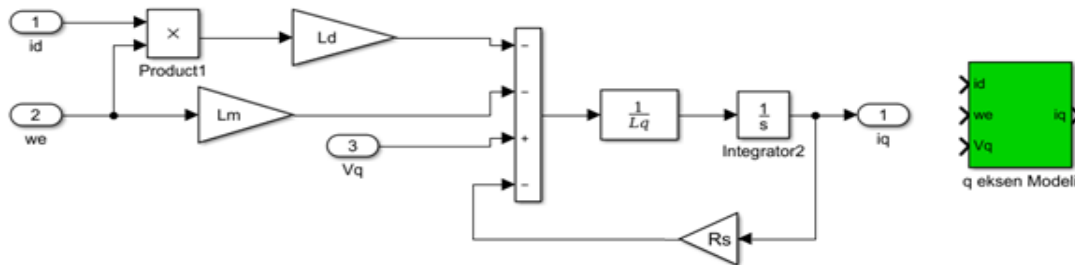
### SMSM'İN BENZETİM MODELİNİN KURULMASI

Bu bölümde, önceki bölümlerde ifade edilen denklemlerden yararlanılarak benzetimde kullanılan modellerin oluşturulmasına değinilmektedir. Benzetimler, Matlab/Simulink ortamında gerçekleştirilmektedir.

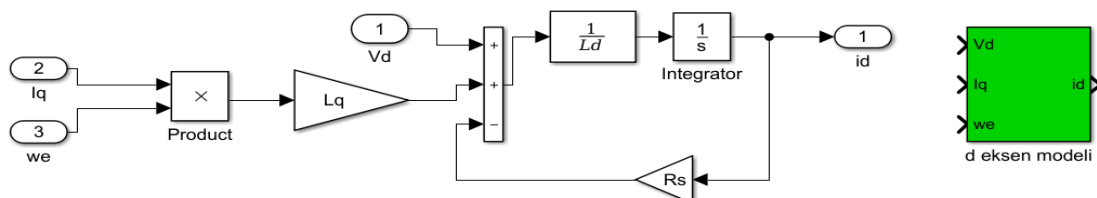
#### Sabit Mıknatıslı Senkron Motorun Alan Yönlendirmeli Kontrol (AYK) Modeli

Elektrik makinalarında kullanılan AYK, Alternatif Akım(AA) motorlarının Doğru Akım(DA) motorlarındaki gibi, uyarma devresi ve endüvi devresi arasında bir ilişki olmadan birbirinden bağımsız olarak kontrol edilmesini sağlar. Bu yöntem sayesinde DA motorlarından elde edilen yüksek dinamik performans AA motorlarından da elde edilebilir (Çelik ve Kürüm, 2013). AYK'nın temel prensibi, makine akımının biri moment üreten ve diğeri ise akı üreten bileşen olmak üzere d-q olarak ifade edilen iki bileşene ayrılmasına ve bu bileşenlerin birbirinden bağımsız olarak kontrol edilmesine dayanır. Diğere elektrik makinalarına göre SMSM'lerde AYK daha kolaydır. Bunun sebebi rotora yerleştirilen sabit mıknatısların rotorda sabit bir manyetik akı üretmesidir (Adam, 2007).

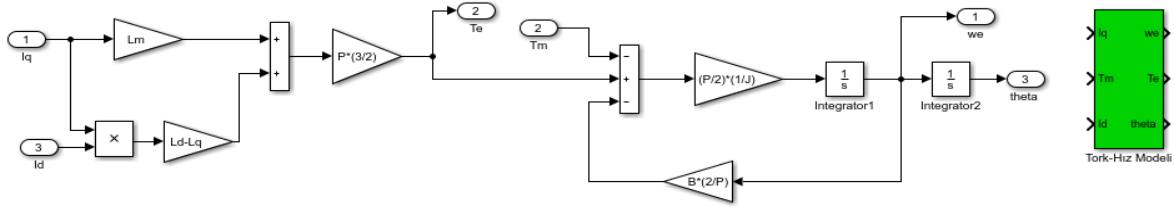
Denklemler (16), (17), (25), (26), (27) ve (28) kullanılarak SMSM'a ait matematiksel modeli Matlab/Simulink'te blok gösterimi ile birlikte Şekil 12'te  $i_q$  eksen modeli, Şekil 13'te  $i_d$  eksen modeli ve Şekil 14'te endüklenen moment  $T_e$ ,  $\theta_e$  elektriksel konum ile  $\omega_e$  elektriksel açısal hız modelleri gösterilmektedir. Şekil 15'te ise SMSM matematiksel modelinin son hali gösterilmektedir.



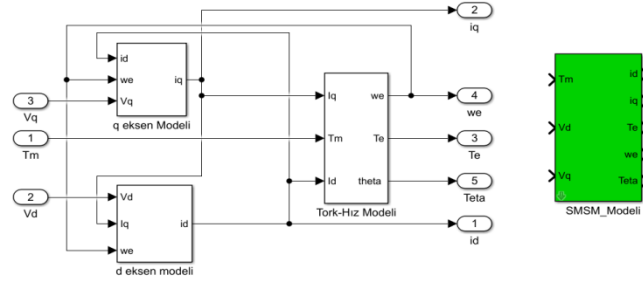
Şekil 12. Simulink'te  $i_q$  eksen modeli ve blok gösterimi.



Şekil 13. Simulink'te  $i_d$  eksen modeli ve blok gösterimi.



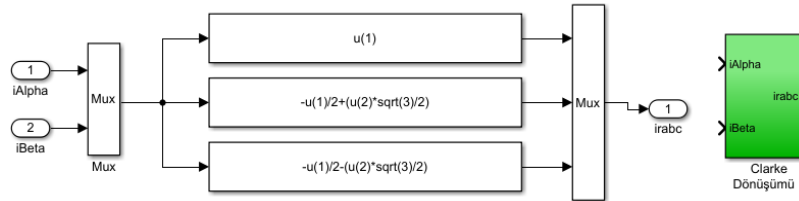
Şekil 14. Simulink'te moment, elektriksel dönme hız ve konum modeli ve blok gösterimi.



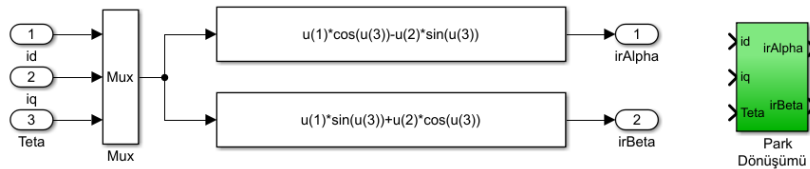
Şekil 15. Simulink'te SMSM modeli ve blok gösterimi.

### Sabit Mıknatıslı Senkron Motor Dönüşüm Modelleri

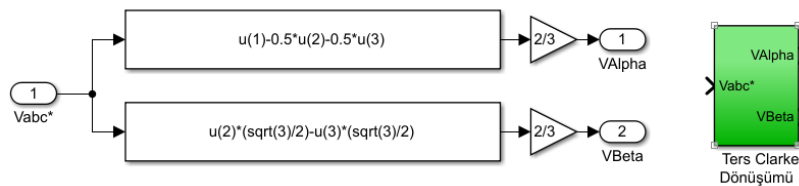
Yukarıda verilen dönüşüm ifadelerinin benzetimleri, Matlab/Simulink ortamında gerçekleştirilmiştir. Bu dönüşümler sırasıyla Şekil 16'da clarke dönüşümü, Şekil 17'de park dönüşümü, Şekil 18'de ters clarke dönüşümü, Şekil 19'da ters park dönüşümü gösterilmektedir.



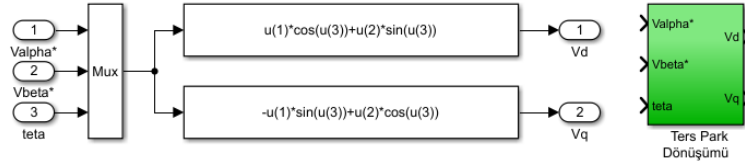
Şekil 16. Simulink'te clarke modeli ve blok gösterimi.



Şekil 17. Simulink'te park modeli ve blok gösterimi.



Şekil 18. Simulink'te ters clarke modeli ve blok gösterimi.

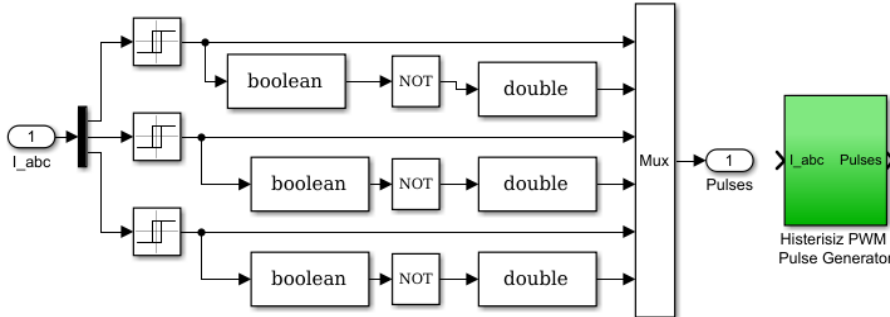


Şekil 19. Simulink'te ters park modeli ve blok gösterimi.

### Evirici ve İnvortor Modeli

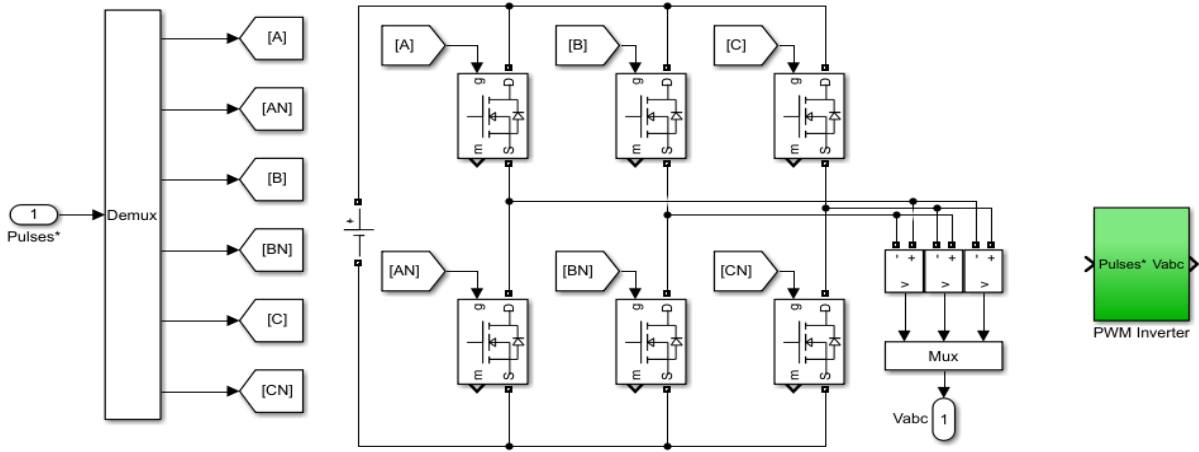
AA motorların denetimlerinde akım denetimli gerilim kaynaklı eviriciler (GKE) önemli bir yere sahiptir. Akım denetim yöntemleri ve modülasyon tekniklerinde iyileştirme yapılarak evirici performansını buna bağlı olarak AA motorların performanslarını geliştirmek mümkündür. GKE'lerde modülasyon tekniği olarak genellikle darbe genişlik modülasyonu (DGM) kullanılmaktadır. Akım kontrol tekniği olarak ta en çok kullanılanlar histerisiz akım denetimi, rampa karşılaştırmalı denetim ve uzay vektör darbe genişliği (UVDGM) akım denetimidir (Bal ve ark., 2007). Bu çalışmada histerisiz akım denetimi tekniği kullanılarak SMSM vektör kontrolü yapılmış, çeşitli çalışma koşullarında performansı incelenmiştir.

Histerisiz PWM kontrolde çıkışın önceden tanımlanan hata bandı içerisinde dalgalanmasında müsaade edilir. Bu hata bandına "histerisiz band" denir. Faz akımları yaklaşık olarak sinüsoidaldir. Küçük histerisiz bandı ile faz akımlarının sinüs dalga formuna yaklaşması sağlanabilir. Bununla birlikte küçük histerisiz bandı yüksek anahtarlama frekansı gerektirir. Buda güç elemanlarında pratik uygulamalarda bir sınırlamadır. Anahtarlama frekansının artması inverter kayıplarını artmasına da neden olur (Pilly ve Krishnan, 1989). Şekil 20'de Histerisiz PWM kontrol modeli gösterilmektedir.



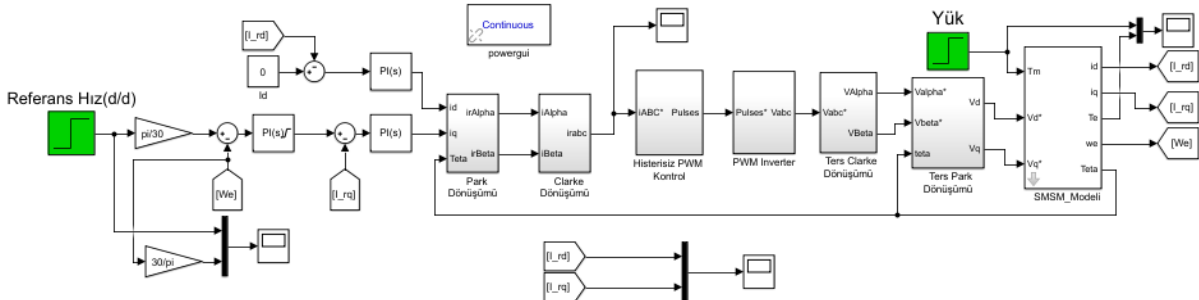
Şekil 20. Histerisiz PWM kontrol modeli ve blok gösterimi.

SMSM'un beslenmesi için, değişken genlik ve frekansa sahip akım veya gerilim gerekmektedir. Bu da evirici devreleri ile oluşturulmaktadır. Evirici devresinde Şekil 21'de gösterildiği gibi gerilim kaynaklı evirici kullanılmıştır. Devre 300Vdc gerilime sahip DC gerilim kaynağı ve evirici anahtarları olarak da mosfet'ler kullanılmıştır.



Şekil 21. Mosfet anahtarlama invertör modeli ve blok gösterimi.

Bu blokların birleştirilmesi sonucunda oluşan SMSM'nin alan yönlendirmeli kontrolü Matlab/Simulink modeli Şekil 22'de verilmiştir. Bu benzetimde ilk olarak, Hız denetleyicide rotor hız algılayıcısından alınan elektriksel hız değeri filtreleme geçirilerek hız denetleyiciye aktarılmaktadır. Denetleyicide referans hız değeri ile gerçek hız değerinin farkı alınarak bir hata sinyali üretilir ve bu hata sinyali kullanılarak PI kontrol yöntemi ile hız kontrolü için gerekli referans q eksen akımı  $i_{rq}$  elde edilmektedir. Bu  $i_{rq}$  değeri, denklem (26)'da elde edilen gerçek  $i_d$  değerinin farkı alınarak bir hata sinyali üretilir ve bu hata sinyali kullanılarak PI kontrol yöntemi ile q eksen akımı denetleyicisine aktarmaktadır. Alan yönlendirmeli kontrol yönteminde  $i_d$  akımının moment üzerinde etkisi olmadığından kayıpları azaltmak için akım değeri sıfırda tutmaya çalışılır Ancak motorun nominal hızından daha yüksek hızlarda çalışma durumunda akı zayıflatması yapılması gerekir. Bu durumda  $i_d$  akımı uygun bir negatif değere ayarlanır. Motor kontrolünde denklem (25)'de elde edilen  $i_d$  akımın değeri sıfır referans değeri ile karşılaştırılarak yine bir PI kontrol yöntemi uygulanarak d eksen akımı denetleyicisine aktarmaktadır (Erken, 2014).



Şekil

## 22. SMSM'nin alan yönlendirmeli kontrolü Matlab/Simulink modeli.

### BULGULAR

Benzetimde SMSM parametreleri Matlab/Simulink programında paket olarak bulunun 8 Nm tork, 300 VDC beslemeli ve 2000 RPM hıza değerlerine sahip sabit mıknatıslı senkron motorun parametreleri aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.

Stator Direnci,  $R_s$  : 0.9585  $\Omega$

Stator İndüktansı,  $L_d$  : 5.25 mH

Atalet Momenti,  $J$  : 0.0006329 kgm<sup>2</sup>

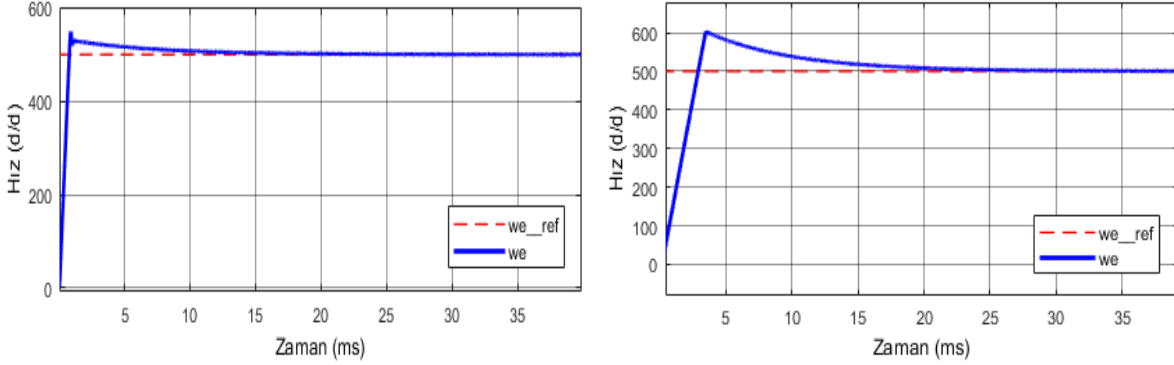
Sürtünme Katsayısı,  $B$  : 0.0003035 Nm.s

Mıknatıs Akısı,  $\Psi_M$  : 0.1827 Weber

Kutup Sayısı,  $2p$  : 8

Benzetim, değişik hız ve yük koşullarında yapılmıştır. Bu sayede AYK'nın hız kontrolünün farklı koşullardaki geçici ve sürekli durumlardaki SMSM'nin çalışmasına olan etkisi incelenmiştir.

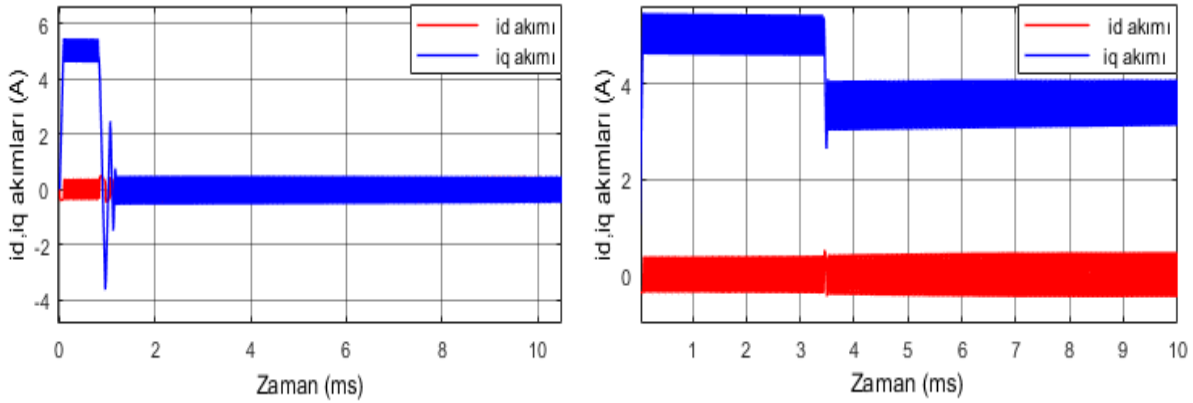
Şekil 23-26'da SMSM'nin yüksüz ve 8 Nm yük ile yüklü iken AYK'sına ait benzetimden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; SMSM'nin 500 d/d referans hız değerine ulaşma süresi ve salınımları boşta (a) iken yüklü (b) çalışmaya göre daha kısa olduğu ve genel olarak SMSM'nin hızının kısa sürede referans hızı yakaladığı görülmektedir. Aynı zamanda, AYK'nın tekniğinde belirtildiği gibi id stator akımının sürekli sıfırda olduğu halde iq stator akımının moment değerine bağlı olarak değiştiği görülmektedir.



a) Boşta çalışma

b) 8 Nm Yükte Çalışma

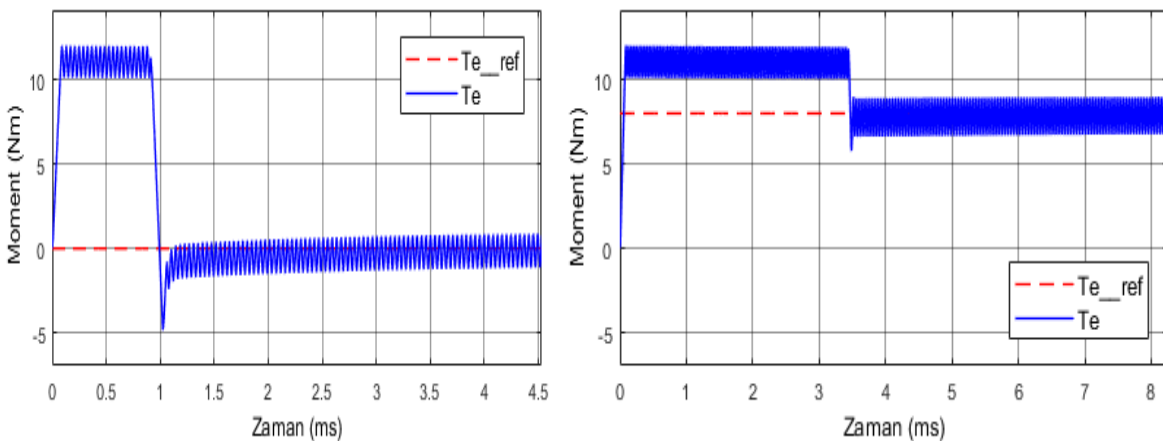
Şekil 23. Referans ile ölçülen hız benzetim sonuçları.



a) Boşta çalışma

b) 8 Nm Yükte Çalışma

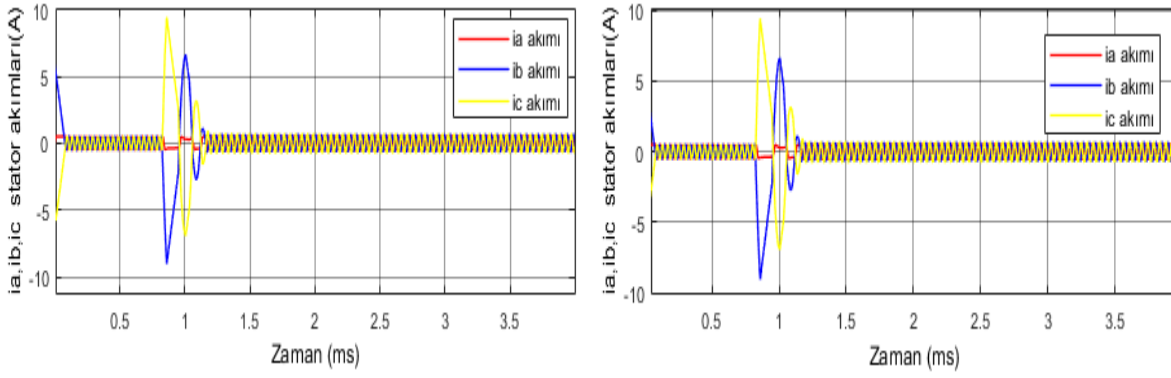
Şekil 24. İd ve iq akımlarının benzetim sonuçları.



a) Boşta çalışma

b) 8 Nm Yükte Çalışma

Şekil 25. Referans ile ölçülen moment benzetim sonuçları.

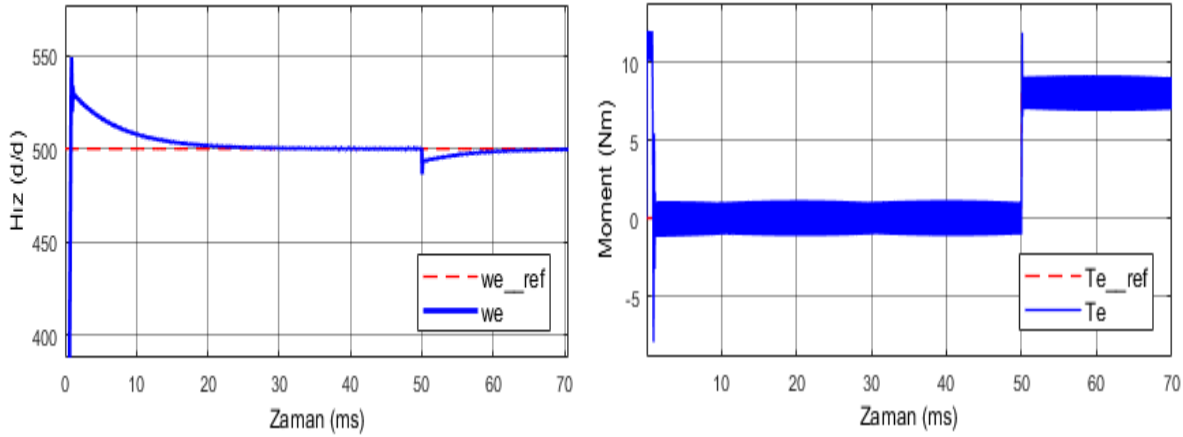


a) Boşta çalışma

b) 8 Nm Yükte Çalışma

Şekil 26. Üç faz stator akımları benzetim sonuçları.

Şekil 27’de ise SMSM’nin 50 ms sonra 8 Nm yük ile anlık yüklendiğinde AYK’ya ait benzetimden elde edilen sonuçlar verilmiştir.



Şekil 27. Ani yük değişiminde hız ve moment sapmaları.

## SONUÇ

Bu çalışmada, Sabit Mıknatıslı Senkron Motor (SMSM)’un alan yönlendirmeli vektör kontrolüne dayalı hız kontrolü matematiksel modelleme ve simülasyonu Matlab/Simulink programı kullanılarak yapılmıştır. Alan yönlendirmeli vektör kontrolünde, akım ve hız denetimleri PI kontrol algoritması ile gerçekleştirilmiştir. SMSM akım denetimli gerilim kaynaklı everici tarafından beslenmektedir. Eviricinin akım denetimi ve anahtarlama sıralarının belirlenmesinde histerisiz darbe genişlik modülasyonu kullanılmıştır.

Sonuçlar incelendiğinde, son zamanlarda SMSM’nin vektör kontrolünde yaygın olarak kullanılan AYK’nın hız kontrolünde boşta, yüklü ve anlık yük durumları için moment cevabı ve kararlı durum performansının yüksek olduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Adam, A.A., 2007. Sabit mıknatıslı senkron motorda moment dalgalanması ve gürültünün azaltılması, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Erken, F., 2014. Sabit mıknatıslı senkron motorda moment dalgalanması azaltılması, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Bal, G., Özgenel, M. C. ve Demirbaş, Ş., 2007. Vektör denetimli kalıcı mıknatıslı senkron motorun uzay vektör darbe genişliği modülasyonu ile performans analizi, Politeknik Dergisi, Cilt: 10, Sayı: 1, Sayfa: 7-13, Ankara.

- Çelik, H., Kürüm, H., 2013. Sabit mıknatıslı Senkron motorun alan yönlendirmeli kontrolü, NWSA-Technological Applied Sciences, 1A0342, 8, (1), 67-85, Elazığ.
- GÜNDOĞDU, A., ALTUN, H., 2016. Matris konverterden beslenen sabit mıknatıslı senkron motorun vektör kontrolünün sayısal benzetimi, Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi , 6 (2/2) , 41-58, Batman.
- Rudnicki, T., Czerwiński, R., ve Fręchowicz, A. 2011. Permanent magnet synchronous motor control driver, In Proceedings of the 18th International Conference Mixed Design of Integrated Circuits and Systems-MIXDES 2011, pp. 545-548, IEEE.
- Tripathi, S. M., & Dutta, C., 2018. Enhanced efficiency in vector control of a Surface-mounted PMSM drive, Journal of the Franklin Institute, 355(5), 2392-2423.
- Pilly, P. and Krishnan, R., 1989. "Modeling, Simulation, and Analysis of Permanent-Magnet Motor Drives , Part I: The Permanent-Magnet Synchronous Motor Drive" IEEE Transaction on Industry Applications, Vol. 25, No. 2, pp. 265-273



## Türkiye madencilik sektöründe yaşanan iş güvenliği sorunları ve kaza maliyet analizleri

Mahmut Suat Delibalta <sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7506-4549>)

<sup>1</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü, Niğde, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: msdelibalta@ohu.edu.tr

### Özet

Madencilik sektörü, ülkelerin sosyal-ekonomik gelişimlerine ve istihdam alanı yaratmalarına katkıda bulunan çok önemli bir endüstri dalıdır. Ancak, bu sektör İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) açısından dünyada en riskli işkolu olarak kabul edilmektedir. Türkiye’de iş kazalarının %46,4’ü ve buna bağlı ölümlerin %41,1’i maden, inşaat ve metal sektörlerinde meydana gelmektedir. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2017 yılı verilerine göre, iş kazalarının büyük bir çoğunluğu yalnızca bu üç sektörde gerçekleşmektedir. Söz konusu iş kazalarının yaklaşık %77’si Kömür (taşkömürü ve linyit) madenciliğinde gerçekleştiği görülmektedir. Kömür madenciliğini %12 ile “Diğer madencilik ve taş ocakçılığı” izlerken, %1 pay ile en az iş kazası “Ham petrol ve doğalgaz çıkarımı” işkolunda gerçekleşmiştir. İlgili çalışmada, yapay zekâ yöntemi kullanılarak Türkiye geneli için iş kazası maliyet modelleri yapılmıştır. Bu modeller yardımıyla, Türkiye’nin 2025 yılına kadar iş kazası durumu üç farklı senaryo ile tahmin edilmiştir. Üç farklı senaryoya göre belirlenen toplam maliyet ve prim kayıpları değerlendirildiğinde, kötümser durum; iyimser duruma göre 160.780.713 TL, mevcut duruma göre 40.074.452 TL daha maliyetlidir. Yine kötümser durum; iyimser duruma göre 84.640.440 TL, mevcut duruma göre 21.096.555 TL prim kaybı artışı yaratmaktadır. Burada en önemli husus, üç senaryoya göre de gelecekte iş kazalarının olma ihtimalinin bulunmasıdır. Madencilik sektörünün tüm zor çalışma koşullarına rağmen; günümüz teknolojik gelişmeleri sayesinde, söz konusu risklerin bertaraf edilmesi veya en aza indirgenmesi mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Türkiye, madencilik, kazalar, maliyet, iş sağlığı ve güvenliği.

### Job security problems in Turkish mining sector and accident cost analysis

#### Abstract

The mining sector is a very important branch of industry that contributes to the social-economic development of countries and the creation of employment space. However, this sector is considered to be the most risky business sector in the world in terms of Occupational Health and Safety (OHS). In Turkey, 46.4% of work accidents and 41.1% of related deaths occur in the mining, construction and metal sectors. According to the Social Security Institution (SSI) 2017 data, the majority of work accidents occur only in these three sectors. About 77% of these work accidents occur in coal (hard coal and lignite) mining. Coal mining was followed by “other mining and quarrying” with 12%, while at least work accidents with 1% share occurred in the “crude oil and natural gas extraction” business line. In the related study, work accident cost models were made for the whole of Turkey using artificial intelligence method. With the help of these models, Turkey’s work accident situation until 2025 has been estimated with three different scenarios. When the total cost and premium losses determined according to three different scenarios are evaluated, the pessimistic situation costs Turkish Lira (TL) 160.780.713 compared to the optimistic situation and TL 40.074.452 compared to the current situation. Again, the pessimistic situation creates a premium loss increase of TL 84.640.440 according to the optimistic situation and TL 21.096.555 according to the current situation. The most important point here is that, according to all three scenarios, there is the possibility of workplace accidents in the future. Despite all the difficult working conditions of the mining sector, thanks to today’s technological developments, it is possible to eliminate or minimize these risks.

**Keywords:** Turkey, mining, accidents, cost, occupational health and safety.

### GİRİŞ

Yaşam en temel insan hakkı olmasına rağmen, her yıl pek çok insan teknolojik olarak önlenemez ve hukuken de önlenmesi zorunlu olan iş kazaları ve meslek hastalıklarından dolayı yaşamlarını yitirmekte veya engelli hale gelmektedir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de iş kazaları ve meslek hastalıklarının önemli bir sorun olarak karşımıza çıkması, hızlı sanayileşme ile birlikte iş sağlığı ve güvenliğine (İSG) ilişkin gerekli yasal düzenleme ve yatırımların yapılmamasından kaynaklanmaktadır. Sağlıklı çalışma ortamı, iş barışı ve

sürdürülebilir kalkınmanın da ön koşuludur. Çünkü iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu maddi ve manevi kayıplar, gelişmekte olan ülkelerin kalkınma çabaları önünde önemli bir engel oluşturmaktadır. Ödenmesi gereken tutar ise bu ülkelerin Gayri Safi Milli Hasıllarının (GSMH) önemli bir bölümünü teşkil etmektedir. Sanayileşmiş ülkelerde iş kazaları ve meslek hastalıklarının toplam maliyeti GSMH'nın %1'i ile %3'ü oranında değiştiği bilinmektedir. Ülkemizde ise en iyimser yaklaşımla, iş kazaları ve meslek hastalıkları toplam maliyetinin yılda 4 milyar doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (MMO, 2010). Özellikle gelişmekte olan ülkelere İSG, sosyo-ekonomik kalkınmanın belirleyici unsurları arasında yer almaktadır.

Madencilik sektörü; doğası gereği farklı özellikler arz eden, tümü birbirine bağlı olan ve herhangi bir olumsuz durumun zincirleme olarak birbirini tetikleyebilecek riskler içeren, bu riskleri en aza indirebilmek için bilgi, beceri ve sürekli denetim gerektiren dünyanın en zor ve riskli işkoludur. Özellikle teknolojiden uzak emek-yoğun olarak çalışılan ülkemizde; bilgi, beceri ve denetim zincirinde var olan veya olası zaafiyetler bu zincirde kırılmalara yol açmakta, bu durum iş kazalarına özellikle yeraltı kömür madenciliğinde ölümlü kazalara neden olmaktadır. Kömür madenciliği, işçi sayısı başına düşen iş kazası ve ölüm oranı sıralamasında bütün sektörlerin başında yer almaktadır. Türkiye'de iş kazalarının %46,4'ü ve buna bağlı ölümlerin %41,1'i maden, inşaat ve metal sektörlerinde meydana gelmektedir. İş kazalarının büyük bir çoğunluğu, yalnızca bu üç sektörde gerçekleşmektedir. Ülkemiz madencilik sektöründe yaklaşık 132.490 kişi istihdam edilmektedir. Sigortalı olarak kayıtlı nüfusun sadece %0,96'sı madencilik sektöründe çalışmaktadır (Bilim ve ark., 2018; Delibalta ve Toraman 2018). Özellikle ağır iş makinelerinin kullanıldığı yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde kalifiye eleman istihdamının yetersizliği, makinelerin periyodik bakımlarının yapılmasındaki aksaklıklar ve plansız üretim uygulamaları, iş kazası ve meslek hastalıklarının artmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle; madencilik sektörünün yakından izlenmesi, değerlendirilmesi ve kaza önleme çalışmalarına daha fazla özen gösterilmesi gerekmektedir. Ayrıca; maden işlemlerinde meydana gelebilecek kaza riskleri sabit olmayıp, tesis koşullarına göre kısmen göreceli ve değişken olabilmektedir. Madencilik faaliyetlerin tüm zor çalışma koşullarına rağmen, günümüz yüksek teknoloji sayesinde söz konusu risklerin bertaraf edilmesi veya en az düzeye indirilmesi mümkündür. Bu maksatla yapılan araştırmada, madencilik sektöründe yaşanan iş güvenliği sorunları ve kaza maliyet analizleri arasındaki ilişki irdelenmiştir.

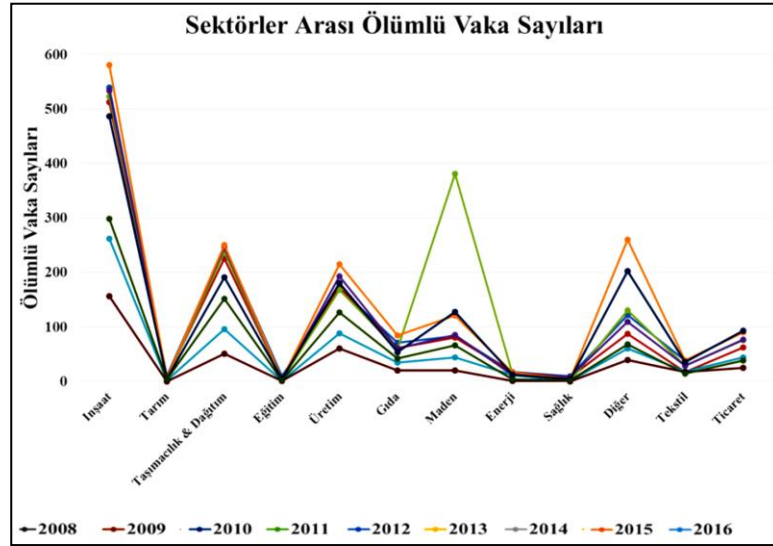
## **MATERYAL VE METOD**

İlgili çalışmada, yapay zekâ yöntemi kullanılarak ülkemiz geneli için iş kazası prim kaybı tahmin modelleri yapılmıştır. Bu modeller yardımıyla, Türkiye'nin 2025 yılına kadar olan iş kazası maliyet analizi üç farklı senaryo ile tahmin edilmiştir. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2008-2017 yılı verilerine göre, ülkemiz maden işletmelerinde yaşanan iş kazaları ve maliyet unsurları esas alınarak, İSG bağlamında gerek teorik gerekse alan çalışmalardan elde edilen bulgular istatistiksel yönünden değerlendirilerek, sektör paydaşları için ileriye dönük önemli projeksiyonlar sunulmuştur.

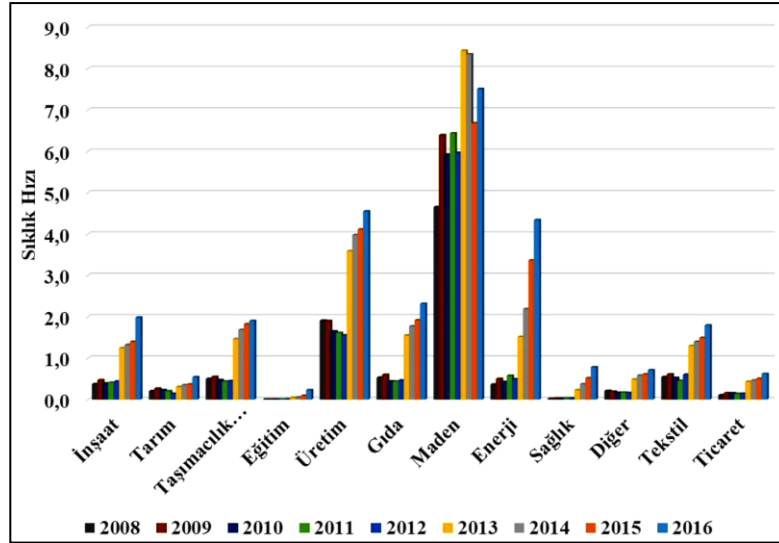
## **BULGULAR ve TARTIŞMA**

Türkiye, üzerinde bulunduğu jeolojik ve tektonik yapının sonucu olarak dünyada kendi endüstriyel hammadde gereksiniminin önemli bir bölümünü karşılayabilen, doğal kaynak çeşitliliğine sahip nadir ülkelere biridir. Dünyada yeraltı kaynakları sıralamasında 132 ülke arasında toplam maden üretimi itibarıyla 28'inci, maden çeşitliliği açısından da 10'uncu sırada yer almaktadır (ETKB, 2014). Ülkemizde yaşanan iş kazaları sektörel bazda incelendiğinde, 2017 yılı için %4,12 pay ile en çok madencilik sektöründe meydana geldiği görülmektedir (Özkılınç, 2011; SGK, 2017).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre inşaat ve maden işçileri, diğer sektörlerde çalışan işçilere oranla 3~6 kat daha fazla kazaya uğrama riski taşımaktadırlar. Ülkemizde maden sektörü gerek ölümlü, gerekse sürekli iş göremezlik kaza sıklığının en fazla olduğu sektörlerin başında yer almaktadır. SGK verilerine göre, ülkemizde bir yılda gerçekleşen tüm iş kazalarının yaklaşık %10'u, sürekli iş göremezliklerin yaklaşık %20'si ve ölümlü iş kazalarının yaklaşık %25'i maden işletmelerinde gerçekleşmektedir (Çınar ve Uğurlu, 2019). Şekil 1 ve 2'ye bakıldığında ölüm sayılarının indirgenmiş 12 farklı faaliyet grubuna göre, en az iş kazasının 2009 ve 2012 yılında olduğu, en fazla iş kazasının ise maden sektörü hariç olmak üzere 2011 yılında yaşandığı görülmektedir. Maden sektöründeki ölüm sayısı ve iş kazası sıklık hızının (İKSH) 2014 yılında yüksek bir artış göstermesi, Soma ve Ermenek maden facialarının aynı yıl yaşanmış olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 1. Sektörlere göre yaşanan ölümlü iş kazası vaka sayıları (Memiş ve Yapıcı, 2019)



Şekil 2. Sektörlere ait 100 kişiye göre kaza sıklık hızı değişimi (Memiş ve Yapıcı, 2019)

Madencilik; iş kazası riskini her an bünyesinde barındıran, İSG bakımından çok tehlikeli iş kollarından birisidir. Bu nedenle, madencilik faaliyetlerine başlanmadan önce işyerinde tehlikelerin belirlenmesi, risk analizi ve değerlendirilmesi yapılması zorunludur. Çalışanları kaza riskinden koruyan önlemlerden biri de Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) kullanımıdır. KKD; çalışanı, yürütülen işten kaynaklanan, sağlık ve güvenliği etkileyen bir veya birden fazla riske karşı koruyan, çalışan tarafından giyilen, takılan veya tutulan, bu amaca uygun olarak tasarlanmış tüm alet, araç, gereç ve cihazlar olarak ifade edilmektedir. KKD'ler işletmelerde mevcut veya potansiyel tehlikelerden çalışanları korumak amacıyla kullanılmaktadır (MMO, 2016; Kocaman, 2019). Maden işletmeleri; metan ve taş tozu patlamaları, göçükler, elektrik çarpması, yangın, sel, kütle hareketi gibi birçok riski bünyesinde barındırmaktadır (Dursun, 2019). Ayrıca, zararlı tozlardan kaynaklanan (kömür tozu ve taş tozu) silikozis, pnömokonyoz ve antrakozis gibi akciğer hastalıkları maden işletmesinde çalışanlarında görülebilmektedir. Ancak, yeraltı işletmelerinde risklerin tamamını ortadan kaldırmak mümkün değildir. KKD kullanılarak bu riskler kısmen en aza indirgenebilir. Genel olarak madenlerde KKD olarak baret, çizme ve eldiven kullanımı yerleşmiş bir kültürdür. Oksijenli ferdi kurtarıcı maske kullanımında ise, bazı maden işletmelerinde hala uygulama eksikliklerinin olduğu görülmektedir.

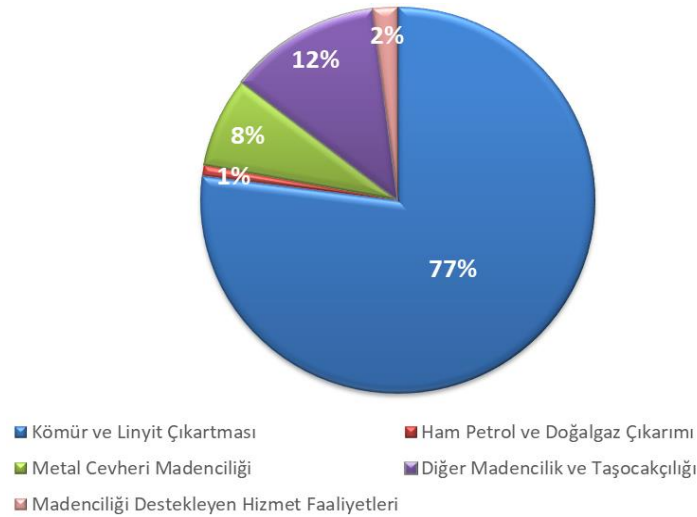
## Maden İşletmelerinde İş Kazaları

Ülkemiz maden işletmelerinde meydana gelen iş kazalarının 2012-2016 yılları arası analizi, Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) ana ve alt sektörlerdeki istatistiki verilerine göre yapılmıştır (Tablo 1).

**Tablo 1.** Maden işletmelerinde meydana gelen iş kazası sayıları (Bilim ve ark., 2018)

Faaliyet Türü	Yıllar					Ortalama
	2012	2013	2014	2015	2016	
Kömür ve Linyit Çıkartması	8828	11289	10026	7429	8274	<b>9169,2</b>
Ham Petrol ve Doğalgaz Çıkarımı	44	118	165	84	112	<b>104,6</b>
Metal Cevheri Madenciliği	421	1055	1030	997	1037	<b>908,0</b>
Diğer Madencilik ve Taş Ocakçılığı	569	1598	1557	1639	2045	<b>1481,6</b>
Madenciliği Destekleyen Hizmet Faaliyetleri	101	244	271	271	324	<b>242,2</b>

Söz konusu iş kazalarının ortalama değerlerine göre bir analiz yapıldığında, iş kazalarının yaklaşık %77'si kömür madenciliğinde (Kömür ve linyit çıkartması) gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 3). Kömür madenciliğini %12 ile “Diğer madencilik ve taş ocakçılığı” izlerken, %1 pay ile en az iş kazası “Ham petrol ve doğalgaz çıkarımı” işkolunda gerçekleşmiştir.



**Şekil 3.** Madencilik faaliyetlerinde gerçekleşen iş kazalarının % dağılımı

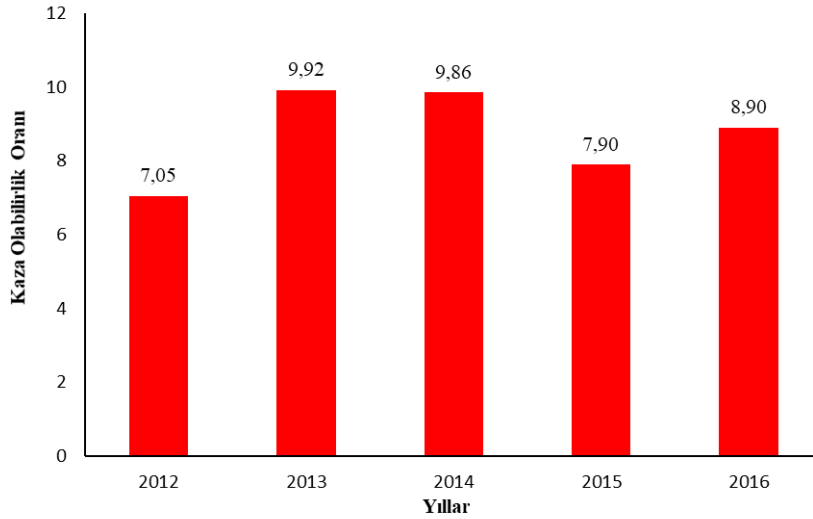
Bir sektörde sadece meydana gelen iş kazası ve meslek hastalıkları sayılarına göre değerlendirmeler yapmak, genel durumu görmek için yeterli olmayabilir. Çünkü bir sektörde meydana gelen iş kazasının çok olması, belki de o sektörde çok fazla çalışan kişi sayısından kaynaklanabilir. Bu nedenle, iş kazası analizlerinde “kaza sıklık oranı” kavramının kullanılması daha anlamlı değerlendirmeler yapmaya olanak tanımaktadır. Kaza sıklık oranı madencilik faaliyetlerinin alt sektörleri olan; kömür ve linyit çıkartması, ham petrol ve doğalgaz çıkarımı, metal cevheri madenciliği, diğer madencilik ve taş ocakçılığı ve madenciliği destekleyen hizmet faaliyetleri için ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 2). Bu sonuçlara göre; kömür madenlerinde çalışan her beş kişiden biri iş kazasına maruz kalmaktadır. Diğer madencilik faaliyetlerinde ise ortalama 100 çalışandan üç tanesi iş kazasına uğramaktadır.

**Tablo 2.** Maden sektöründe gerçekleşen iş kazalarının kaza sıklık oranları (Bilim ve ark., 2018)

Faaliyet Türü	Kaza sıklık oranı*					Ortalama
	2012	2013	2014	2015	2016	
Kömür ve Linyit Çıkartması	17,33	23,18	24,42	18,34	22,02	<b>21,06</b>
Ham Petrol ve Doğalgaz Çıkarımı	1,17	3,48	4,92	2,69	3,95	<b>3,24</b>
Metal Cevheri Madenciliği	1,87	4,39	4,40	4,45	4,51	<b>3,92</b>
Diğer Madencilik ve Taş ocakçılığı	0,97	2,62	2,77	2,74	3,33	<b>2,49</b>
Madenciliği Destekleyen Hizmet Faaliyetleri	1,94	3,42	3,29	4,56	4,27	<b>3,50</b>

\*Her 100 kişi başına düşen iş kazası sayısı.

Maden işletmelerinde gerçekleşen iş kazalarının kaza sıklık oranları Şekil 4’te verilmiştir. Beş yıllık verilerin ortalaması alındığında, her yıl maden sektöründe çalışan 100 kişiden 8,73’ü iş kazasına maruz kalmaktadır. Son yıllarda kaza oranlarında görülen kısmi düşüşler ise sevindirici bir gelişmedir.



**Şekil 4.** Maden işletmelerinde gerçekleşen kaza sıklık oranının yıllara göre dağılımı

En fazla iş kazalarının gerçekleştiği “maden, metal-makine ve inşaat sektörü” kaza olabilirlik (sıklık) oranları incelendiğinde, en yüksek kaza sıklık oranı madencilik sektöründe görülmektedir (Tablo 3). Bu üç işkolu içerisinde gerçekleşen toplam iş kazası sayılarına bakıldığında, 55.949 adet ile en fazla iş kazası “Metal ve Makine sektörü”nde meydana gelmektedir. Metal ve makine sektörünü 44.552 iş kazası ile inşaat sektörü izlemekte ve toplam 11.792 iş kazası ile madencilik sektörü üçüncü sırada yer almaktadır. Bu işkolları içerisinde kişi başına düşen iş kazası sayısı en fazla madencilik sektöründe yaşanmaktadır. Madencilik sektöründe çalışan her 100 kişiden yaklaşık 9 tanesi iş kazasına maruz kalmaktadır.

**Tablo 3.** Kaza sıklık oranına göre bazı sektörlerin karşılaştırılması (Bilim ve ark., 2018)

Faaliyet Alanı	Toplam İş Kazası Sayısı	Kaza sıklık Oranı (Her 100 kişi başına düşen iş kazası)
Madencilik Sektörü	11.792	8,90
Metal ve Makine Sektörü	55.949	5,27
İnşaat Sektörü	44.552	2,36

Ülkemiz madencilik sektöründe yaşanan iş kazalarının istenilen seviyelerde azaltılamamasının birçok nedeni bulunmaktadır. Bu nedenlerden bazılarının değiştirilmesi çok zor olabilir (maden yataklarının jeolojik ve

tektonik yapısı gibi). Ancak, bazı neden ve parametrelerin değiştirilmesi teknolojik olarak mümkündür. Dolayısıyla kolay müdahale edilebilir parametrelerin düzeltilmesi, kısa sürede iş kazası ve meslek hastalıklarının azalmasına sebep olacaktır. Bunlar; madencilik sektöründe iş güvenliği kültürünün oluşturulması, mekanize kazı sistemine geçilmesi ve iyi bir lojistik yönetiminin kurulması en pratik çözümler olarak sıralanabilir.

### İş Kazaları Maliyet Analizi

İş kazası maliyetleri birçok kaynaktan doğrudan ve dolaylı maliyet olarak ele alınmakta, bazı kaynaklar ise bu iki maliyet türüne bir de dışsal maliyeti eklemektedir (Durdu, 2014; Çınar ve Uğurlu, 2019). Doğrudan maliyetler; hesaplanması kolay olan, belirli bir parasal değerle ifade edilebilen, iş kazaları sonucu ortaya çıkan zararların tazmin edilmesi ve kaza sonrasında yapılan tedavilerden dolayı yapılan parasal ödemeleri içeren maliyetlerdir. Dolaylı maliyetler ise belirli bir parasal değeri ifade etmekten öte, meydana gelen kaza nedeniyle oluşan maliyetlerin artmasına neden olan unsurlardır. Bu yüzden hesaplanması zor ve sonuçları kısmen soyuttur.

Yukarıda ele alınan üç sektör bazında projeksiyon yöntemi ile maliyet analizi yapılacaktır. Kömür madenciliği, metal sanayi ve inşaat sektörleri için 2003-2011 yılları verileri kullanılarak, sektörlerin toplam iş kazası içindeki sayıları belirlenmiştir. Sektör bazındaki kazalar ile o sektörde görülen toplam geçici iş göremezlik, sürekli iş göremezlik, ölümlü vaka sayıları karşılaştırılmış ve geçici iş göremezlik, sürekli iş göremezlik ve ölümlü iş kazası sayısına göre ağırlıklı ortalaması belirlenmiştir. Bulunan ortalamalar, 2012-2023 yılları için sektörlerin sabit oranları olarak kabul edilmiştir. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD)'nin 2013-2100 yılları aralığındaki değer artışları projeksiyonundaki değerler kullanılarak yıldan yıla güncellenmiş ve 2012-2023 maliyet ve prim kaybı toplamları elde edilmiştir. Yıllık maliyet ve prim kaybı artışı hesaplanırken ilgili projeksiyonda, geçici iş göremezlik ödeneği için ücret artış değeri, sürekli iş göremezlik ve ölüm değeri için ise Tüketici Fiyat Endeksi (TÜFE) değerleri kullanılmıştır.

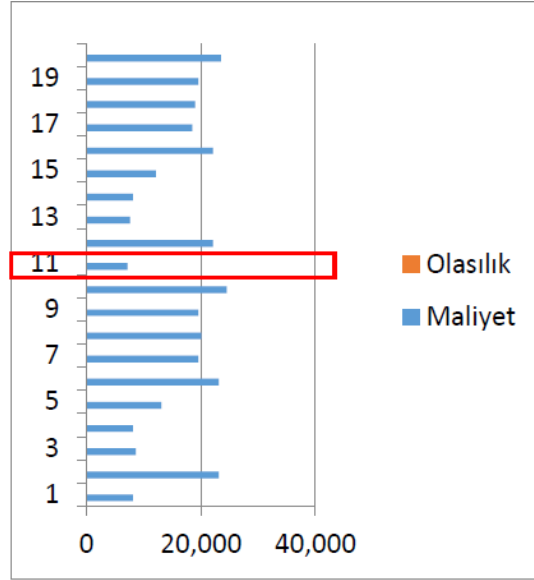
Üç farklı senaryoya göre iş kazası sayısı bulunurken “Türkiye’deki İş Kazalarının Yapay Sınır Ağları ile 2025 Yılına Kadar Tahmini” çalışmasından yararlanılmıştır. İlgili çalışmada, yapay zekâ yöntemi kullanılarak Türkiye geneli için iş kazası tahmin modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller yardımıyla, Türkiye’nin 2025 yılına kadar olan iş kazası sayısı üç farklı senaryo ile tahmin edilmiştir. Model geliştirilirken sigortalı, işyeri, iş kazası, ölüm ve iş göremezlik sayıları model parametreleri olarak kullanılmış ve bu parametrelere ait 1970-2010 yılları arasındaki verilerden yararlanılmıştır. Üç sektör için oluşturulan projeksiyonda; mevcut, iyimser ve kötümser durum değerleri hesaplanmış, 2012-2023 yılları arası iş kazası toplam maliyet ve prim kaybı değerleri ayrı ayrı belirlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** 2012-2023 yılları arası iş kazası toplam maliyet ve prim kayıpları (Durdu, 2014)

Toplam Değer (TL)	İyimser Durum	Mevcut Durum	Kötümser Durum
Maliyet	353.131.967	473.838.228	513.912.680
Prim Kaybı	185.900.695	249.444.580	270.541.135

Üç farklı senaryoya göre incelenen iş kazası toplam maliyet ve prim kayıpları değerlendirildiğinde, kötümser durum; iyimser duruma göre 160.780.713 TL, mevcut duruma göre 40.074.452 TL daha maliyetlidir. Yine kötümser durum; iyimser duruma göre 84.640.440 TL, mevcut duruma göre 21.096.555 TL prim kaybı artışı yaratmaktadır. Burada en önemli husus, üç senaryoya göre de gelecekte iş kazalarının olma ihtimalinin bulunmasıdır.

Benzer problemin çözümü için Çınar ve Uğurlu (2019) MS Excel programı kullanmış olup, risklerin maliyetleri teker teker hesaplanmış ve Risk Önem Skoru (RÖS) 20 ve daha az olmak koşuluyla hesaplanan 20 olasılıktan maliyeti en uygun olanı belirlenmiştir. Örneğin birinci olasılık için 1. (Koruyucu ağ uygulaması), 5. (kulaklık kullanılması), 6. (Spesifik eğitimlerin düzenlenmesi) ve 8. (Uyarı işaretleri ve koruyucu şerit uygulaması) önlemleri RÖS’yi 20 ve altı değerine çekerek tüm risklerin önlenmesi değerlendirilmiştir. Şekil 5’de görüldüğü üzere, risk önlem maliyetleri 7.100 TL (11. Olasılık) ile 23.500 TL (20. Olasılık) arasında değişmektedir. Bu hesaplamalarda bir önlemin birden fazla riski önleyebileceği ihtimalleri de hesaba katılmıştır.



Şekil 5. Madenlerde iş kazası olasılık-maliyet diyagramı (Çınar ve Uğurlu, 2019)

## SONUÇ

İş kazaları genel olarak insan faktörünün çalışma ortamı ve üretim araçları ile ilişkisinden doğmaktadır. Günümüz sanayileşme süreci ile artan otomasyon ve teknolojik gelişmeler, çalışanların maruz kaldıkları riskleri arttırmaktadır. Görev çeşitliliği ve personel sayılarının artması, iş hayatını çok daha karmaşık hale getirmektedir. Bütün bu gelişmelerin sonucunda, iş kazaları sayısal olarak artmakta ve daha geniş kitleleri etkiler hale gelmektedir. İş kazaları sonucu oluşan maddi ve manevi kayıplar, hem kaza geçiren çalışanları hem de ülke ekonomisini büyük ölçüde etkilemektedir. İş kazalarını ölçmek, etkilerini azaltmak ve nedenlerini belirleyip önlemek amacıyla pek çok kuruluş ulusal ve uluslararası düzeyde çalışmalar yürütmektedir. Kamu kurumları da İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) konusunda yasal düzenlemeler yapmakta, denetim mekanizmaları ile iş kazalarını kontrol altına almaya çalışmaktadır.

Ülkelerin kalkınma ve ekonomik gelişiminde önemli bir yere sahip olan madencilik sektörü ve entegre üretim sanayi, en büyük katma değeri yaratmaktadır. Gelişmiş ülkelerin Gayri Safi Milli Hasılasında (GSMH) madenciliğin payı; ABD'de %5, Almanya'da %4, Kanada'da %3.7, Avustralya'da %6.5, Rusya'da %22, Şili'de %8.5, G. Afrika'da %6.5, Brezilya'da %3 ve Türkiye'de ise yaklaşık % 1.2 düzeyindedir. Ancak, madencilik sektörü İSG açısından tüm dünyada en riskli işkolu olarak kabul edilmektedir. Ayrıca; maden işletmelerindeki tehlike ve riskler sabit olmayıp, çalışma koşullarına göre kısmen göreceli ve değişken olabilmektedir. Türkiye'de iş kazalarının %46,4'ü ve buna bağlı ölümlerin %41,1'i maden, inşaat ve metal sektörlerinde meydana gelmektedir. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) 2017 yılı verilerine göre, iş kazalarının büyük bir çoğunluğu yalnızca bu üç sektörde gerçekleşmektedir. Bu işkolları içerisinde kişi başına düşen iş kazası sayısı en fazla madencilik sektöründe yaşanmaktadır. Madencilik sektöründe çalışan her 100 kişiden yaklaşık 9 tanesi iş kazasına maruz kalmaktadır. Bu maksatla, yapay zekâ yöntemi kullanılarak Türkiye geneli için iş kazası tahmin modelleri yapılmıştır. Modeller yardımıyla, Türkiye'nin 2025 yılına kadar olan iş kazası sayısı üç farklı senaryo ile tahmin edilmiştir. Üç farklı senaryoya göre saptanan toplam maliyet ve prim kayıpları değerlendirildiğinde, kötümser durum; iyimser duruma göre 160.780.713 TL, mevcut duruma göre 40.074.452 TL daha maliyetlidir. Yine kötümser durum; iyimser duruma göre 84.640.440 TL, mevcut duruma göre 21.096.555 TL prim kaybı artışı yaratmaktadır. Burada en önemli husus, üç senaryoya göre de gelecekte iş kazalarının olma ihtimalinin bulunmasıdır. Ülkemiz madencilik sektöründe meydana gelen iş kazaları sırasında ve sonrasında pek çok lojistik problemler ile karşı karşıya kalınmaktadır. Gerekli araç, gereç ve ekipman temininde, özellikle tahlisiye (kurtarma) ekiplerinin kaza mahalline ulaşımında çoğu kez gecikme ve aksamalar yaşanmaktadır.

Madencilik sektörünün tüm zor çalışma koşullarına rağmen, günümüz teknolojik gelişmeleri sayesinde söz konusu risklerin bertaraf edilmesi veya en aza indirgenmesi mümkündür. Küreselleşme ve artan rekabetin etkisiyle; yenilikçi ve katma değeri yüksek bir maden sanayiinin varlığını koruması ve gelişmesi için, gerek

İSG kuralları gerekse lojistik ve tedarik zinciri yönetiminin etkin ve planlı bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Özellikle maden işletmelerine yakın bölgesel lojistik üslerin kurulması, gerekli makine-ekipman temini ve nitelikli personel istihdamı sağlanmalıdır. Ayrıca; İSG konusundaki önlemlerin yeterli ve etkin bir biçimde uygulanmasına yönelik olarak devlet, sivil toplum kuruluşları, işverenler ve çalışanların işbirliği yapması gerekmektedir. İSG'nin tarihsel gelişimi sürecinde, tüm bu kesimlere birbirinden farklı fakat birbirini tamamlar görevler düşmektedir. Alınacak tedbirler ile iş kazalarının önüne geçilerek, çalışanların korunması yanı sıra üretim ve işletme güvenliği de sağlanmış olacaktır. İSG kavramının sadece çalışanların işyeri koşullarına yönelik ihtiyaçlarından doğmadığı, toplumun bir bütün olarak sosyal ve ekonomik refahını sağlamak amacıyla ortaya çıktığı, tüm kesimleri gözeten ve koruyan bir yapıya sahip olduğu mutlaka görülmelidir.

## KAYNAKLAR

- Bilim N, DüNDAR S ve Bilim A 2018. Ülkemizdeki Maden Sektöründe Meydana Gelen İş Kazası ve Meslek Hastalıklarının Analizi, BEÜ Fen Bilimleri Dergisi, 7 (2): 423-432.
- Çınar U ve Uğurlu ÖF 2019. İş Güvenliği Risklerinin Değerlendirmesinde Alınacak Önlemlerin Maliyet Optimizasyonu, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu'2019, 03-04 Ekim 2019 Adana/Türkiye, s.17-27.
- Delibalta MS, Toraman ÖY 2018. "Mikronize Kalsit Üretim Tesislerinde Paketleme İşlemleri ve Lojistiğin Önemi", Uluslararası Katılımlı Kapadokya Yerbilimleri Sempozyumu, Bildiriler Özler Kitabı, 24-26 Ekim, Niğde, s.35.
- Durdu Hİ 2014. İş Kazalarının Ekonomik Analizi ve Bazı Sektörler Bazında Değerlendirilmesi, Sosyal Güvenlik Uzmanları Derneği, Sosyal Güvence Dergisi / Sayı 5, s.67-91.
- Dursun AE 2019. Türkiye'de Yeraltı Kömür Madenlerinde Grizu Patlamalarının Neden Olduğu Ölümlü İş Kazalarının Analizi ve Karşı Önlemler, Madencilik, 58 (4): 299-310.
- ETKB 2014. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-ETKB, Mavi Kitap, Ankara, 302 s.
- Kocaman R 2019. Madencilikte Kişisel Koruyucu Donanımlar, Maden ve İnsan, Yıl 2, Sayı 5, s.30-32.
- Memiş O, Yapıcı N 2019. Türkiye'deki İş Kazalarının Maden ve Bazı Meslek Gruplarına Göre Kaza Sıklık Hızı ve Ağırlık Oranları İle Karşılaştırılması, Uluslararası Maden İşletmelerinde İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu'2019, 03-04 Ekim 2019 Adana/Türkiye, s.39-48.
- MMO 2010. Madencilikte Yaşanan İş Kazaları Raporu, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, 152 s.
- MMO 2016. Maden İşyerlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları Yönetmeliği, TMMOB Maden Mühendisleri Odası, Ankara, 129 s.
- Özkılınç MA 2011. Türkiye'de madencilik sektöründe meydana gelen iş kazalarının sebeplerinin araştırılması, Devlet Denetleme Kurulu Araştırma ve İnceleme Raporu, Ankara, 510 s.
- SGK 2017. İş kazası ve meslek hastalığı istatistikleri (4-1/a), Bölüm III-I, Ankara, 93 s. [http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk\\_istatistik\\_yilliklari](http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari) [Erişim tarihi: 30 Aralık 2019]



## Konya Kapalı Havzasında Taşkın Tekerrür Debilerinin İstatistikî Yöntemlerle Analizi

Emine Öğsüz, Süleyman Bacak, Bilal Candan, Aliyenur Yabanoğlu, Cavit Berkay Yılmaz, Vahdettin Demir\*, Mehmet Faik Sevimli

KTO Karatay Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Bölümü, Konya, TÜRKİYE

\*Sorumlu yazar e-mail: vahdettin.demir@karatay.edu.tr

### Özet

Taşkın tekerrür debisi belli periyotlarda nehirde meydana gelmesi muhtemel olan taşkın debisini ( $m^3/sn$ ) ifade etmektedir. Taşkın tekerrür debileri taşkın alanlarının belirlenmesi ve taşkın yönetiminde, taşkın yataklarındaki su yapılarının tasarımında ve taşkın sigortalama çalışmalarında kullanılmaktadır. Bu debiler deterministik (sentetik, birim hidrograf) ve istatistik yöntemler olmak üzere 2 farklı analiz tekniği ile elde edilmektedir. Deterministik yöntemlerde taşkın tekerrür debileri yağış-akış ilişkisine bağlı olarak belirlenir. Deterministik yöntemler yeterince veya hiç akım ölçümü bulunmayan istasyonlarda genellikle kullanılmaktadır. İstatistikî yöntemler ise nehir üzerinde bir akım gözlem istasyonu ve en az 30 yıllık akım verisi bulunan nehirlerde başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada Konya Kapalı Havzası'nda bulunan 22 adet akım gözlem istasyonunun 1961-2015 yılları arasında kaydedilen yıllık maksimum akım verileri kullanılarak taşkın tekerrür debileri elde edilmiştir. İstatistikî dağılım yöntemlerinden, Normal Dağılım, Log-Normal 2 Parametrelî, Log-Normal 3 Parametrelî, Pearson Tip 3, Log-Pearson Tip 3 ve Gumbel kullanılmıştır. Böylece  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ ,  $Q_{1000}$  taşkın tekerrür debileri elde edilmiştir. Elde edilen taşkın tekerrür debilerinin hangi dağılıma daha iyi uyduğunu test etmek için ise güven aralığının %95 kısmında Kolmogorov-Simironov uygunluk testi kullanılmıştır. Sonuç olarak, Log-Pearson-3'ün genel olarak Konya Kapalı Havza'sı için diğer yöntemlere göre daha uygun bir model dağılımı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca istasyon konumları ve tekerrür debilerine göre tekerrür haritaları üretilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yama, Taşkın Tekerrür, Konya Kapalı Havzası, Frekans Analizi.

### Analysis of flood recurrence flow rates in Konya Closed Basin using statistical methods

#### Abstract

Flood repeat flow rate is the flood flow rate ( $m^3 / sec$ ) that is likely to occur in the river in certain periods. Flood repetition flows are used in the determination and flood management of flood areas, in the design of water structures in floodplains and in flood insurance works. These flows are obtained by two different analysis techniques, deterministic (synthetic, unit hydrograph) and statistical methods. In deterministic methods, flood recurrence flows are determined depending on the relationship between precipitation and flow. It is generally used in stations where there is not enough or no current measurement. Statistical methods are successfully used in rivers with a flow monitoring station on the river and rivers with at least 30 years of current data. In this study, flood recurrence flows were obtained by using the annual maximum flow data recorded between 1961-2015 in 22 current observation stations in Konya Closed Basin. Among the statistical distribution methods, Normal Distribution, Log-Normal 2 Parameters, Log-Normal 3 Parameters, Pearson Type 3, Log-Pearson Type 3 and Gumbel were used. Thus, flood recurrence flows of  $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ ,  $Q_{1000}$  were obtained. Kolmogorov-Simironov conformity test was used in 95% of the confidence interval to test which distribution of the obtained flood repetition flows fit better. As a result, it is concluded that Log-Pearson-3 has a more appropriate model distribution for Konya Closed Basin in general compared to other methods. In addition, repetition maps were produced according to station locations and repetition flows.

**Keywords:** Patch, Flood Repetition, Konya Closed Basin, Frequency Analysis.

### GİRİŞ

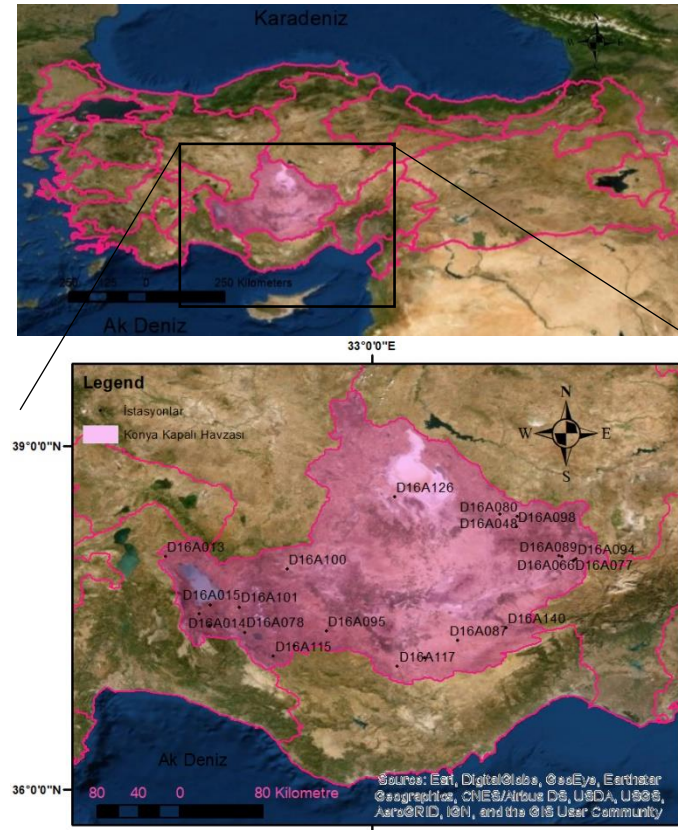
Hidrolik yapılar gerek sudan faydalanma gerekse suyun zararlı etkilerinden korunma ve kontrolü açısından insanlar için eski çağlardan beri barınma kadar önemli yapı ihtiyaçlarından olmuştur. Bu yapıların inşası için de hidrolojik olayların dikkate alınarak gözlemlenmesi, verilerinin tahkiki ve doğruluğu son derece önem arz etmektedir. Bu verilerden kaynaklı herhangi bir yanlışlık veya hidrolojik olaylara karşı önlem eksikliği olması halinde ise can ve mal kayıpları olacaktır. Dikkate alınması gereken bu olaylardan biri olan taşkın olayı bunların başında gelir (Şahin ve Akyürek, 2013). Taşkın; suyun, yağışlar ve kar erimeleri, akarsu yataklarının daralması, aykırı yapı inşaları gibi faktörlerin de etkisiyle yatağından taşarak çevresine zarar veren, ekonomik

ve sosyal faaliyetleri olumsuz yönde etkileyen bir tabiat olayıdır. Taşkınların oluşumuna, hatalı arazi kullanımı, doğal afet birikintisinin yok edilmesi, dere ve yataklarına usulsüz yerleşimler ve erozyon gibi etkilerle çoğunlukla insan faktörü sebep olmaktadır. Yaşam alanlarını taşkın felaketlerinin etkilerinden korumak ve olası taşkınları önlemek amacıyla bazı çalışmalar yapılması gerekmektedir (Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2017). Taşkınla karşı önlem alınabilmesi için havzada oluşabilecek maksimum taşkın debisinin bilinmesi hayati derecede önemlidir. Bunun içinde taşkın tekerrür debilerinin hesaplanması gerekir. Bu debiler sentetik, istatistiksel ve hidrolojik model olmak üzere üç ana yöntemle incelenmektedir (Dikici ve Aksel, 2019). Bu çalışmada Konya Kapalı Havzası istasyonlarının taşkın tekerrür debileri ve maksimum taşkın debileri DSİ kaynaklı veriler yardımıyla, istatistiksel yöntemle hesaplanmıştır. Bu çalışmada yer alan verilerin, yapılan istatistiksel analiz için yeterli sayıda ve yeterli uzunlukta olması, aynı şekilde akım gözlem istasyonlarının da yeterli gözlem sürelerine sahip olması en makul ölçümün istatistiksel analiz olarak tercih edilmesi gerektiğini göstermiştir. Ülkemizde ve dünyada buna benzer birçok çalışma yapılmaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde; Kim ve ark. (2019) taşkın tekerrür debilerini hidrolojik model yöntemi ile hesaplamışlardır. Bu hidrolojik modelde yağışlar gibi meteorolojik parametreler ve çalışma alanının toprak yapısı gibi fiziksel parametreler kullanmışlardır. Erena ve ark. (2018), Etiyopya'nın Dire Dawa şehrinde bulunan 5 nehir için (Dechatu, Goro, MelkaJabdu, Laga Hare ve Butuji) taşkın modellemesi çalışmasında gumbel dağılımını kullanarak 10-20-50-100 ve 300 yıllık tekerrürlere sahip debilerini elde etmişlerdir. Furl ve ark. (2018) Güney Teksas'ta Blanco nehir için taşkın debisini USGS (Amerika Birleşik Devletleri Jeoloji Araştırmaları Kurumu) PeakFQ programını ve log-Pearson Type III dağılımını kullanarak elde etmişlerdir. Didovets ve ark. (2019) taşkın tekerrür debilerini Generalised Extreme Value distribution (GEV) kullanarak tahmin etmişlerdir. GEV modeli üç farklı olasılık dağılımı (Gumbel, Frechet ve Weibull) ve üç adet parametreye (konum parametresi, ölçek parametresi ve şekil parametresi) sahiptir. Kheradmand ve ark. (2018) West Afrika'da bulunan Nijer için yaptıkları taşkın çalışmasında istatistiksel dağılımlar kullanarak 2-1000 yıllık taşkın tekerrür debilerini elde etmişlerdir. Kullandıkları dağılımlar ise GEV, Pearson II – Pearson-III, Lognormal III, Lognormal-II, Genelleştirilmiş Lojistik-GLOG, Gumbel-EV1, Gamma ve Genelleştirilmiş Pareto'dur. Dağılımların uygunluğunu ise Kolmogorov-Smirnov testi ile belirlemişlerdir. Şeker (2015), taşkın frekans analizi için Antalya Havzası 1961-2000 yılları arasındaki yıllık anlık maksimum akım verilerini kullanmıştır. Çalışmada 28 istasyon yer almaktadır. Bu istasyonların hangi dağılıma uygun olduğu öncelikle tespit etmiştir. Bu dağılımlardan yararlanılarak, her istasyon için olasılık yoğunluk fonksiyonu ve kümülatif dağılım fonksiyonu elde edilmiş ve 2, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 75, 100, 500 ve 1000 yıllık taşkın tekerrür debileri bulunmuştur. Hakan (2008), Türkiye'nin en büyük debiyeye sahip akarsularından biri olan Kızılırmak Nehri üzerinde bulunan üç akım gözlem istasyonuna (Yamula, Gülşehir, Söğütluhan) ait akım verileri istatistiksel olarak analiz ederek, parametrik ve non-parametrik yaklaşımlar karşılaştırılmış olup frekans histogramlarına uygunluğunu incelemiştir. Bu çalışmada, Konya Kapalı Havza'sında yer alan 22 adet akım gözlem istasyonuna ait taşkın tekerrür debileri (Q50, Q100, Q500, Q1000) hesaplanmıştır. Taşkın tekerrür debileri yıllık anlık akım verilerine Olasılık Dağılım Fonksiyonları (ODF) uygulanarak elde edilmiştir. Çalışmada literatürde ve DSİ tarafından en çok tercih edilen 5 farklı OYF'nu kullanılmıştır. Bunlar; Normal dağılım, Log-Normal Tip-2, Log-Normal Tip-3, Gumbel, Log-Pearson Tip-3 dağılımlarıdır. Verilerin hangi dağılıma uydukları ise Kolmogorov-Smirnov (KS) testi ile belirlenmiştir. Taşkın tekerrür debilerinin hesabında öncelikle akarsularda yapılan akım ölçümlerden elde edilen analizler tercih edilmektedir. Bu nedenle çalışmada istatistiksel yöntemler tercih edilmiştir.

## MATERYAL VE METOT

### Çalışma Alanı

Konya Kapalı Havzası Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan ve 4.980.534 hektar yüzölçümü ile ülke alanının yaklaşık %7'sini oluşturan bir havzadır. Havza rakımı 900-1050 m arasında olup, kuzeyde Sakarya ve Kızılırmak, doğuda Kızılırmak ve Seyhan, güneyde Doğu Akdeniz, batıda Antalya ve Akarçay Havzaları tarafından çevrelenmektedir. Konya Kapalı Havzası'nda 9 hidrolojik alt havza bulunmaktadır, bunlar; Beyşehir Alt Havzası, Konya Çumra Alt Havzası, Karaman Ayrancı Alt Havzası, Niğde Ereğli Bor Alt Havzası, Aksaray Alt Havzası, Altnekin Alt Havzası, Cihanbeyli Yeniceoba Kulu Alt Havzası, Şereflikoçhisar Alt Havzası, Misli Alt Havzası'dır. Aşağıda şekil 1'de çalışma alanı gösterilmiştir.



Şekil 1. İstasyon Konumları.

Aşağıda Tablo 1’de havzadaki istasyonların konum bilgileri verilmiştir.

Tablo 1. İstasyonlara ait konum bilgileri

Havza	İstasyon Kodu	Enlem (K°)	Boylam (°D)	Derinlik Z (M)	Gözlem Periyodu
Konya Kapalı Havzası	D16A001	31.58	37.43	1101	1961-2001
	D16A003	32.32	37.25	918	1961-2015
	D16A013	31.19	38.03	1145	1961-2015
	D16A014	31.49	37.53	1113	1961-2015
	D16A015	31.59	37.61	1126	1961-2015
	D16A028	33.46	37.15	1125	1961-2015
	D16A048	34.12	38.40	1071	1964-2015
	D16A066	34.63	38.04	1696	1970-2015
	D16A077	34.76	38.00	1330	1969-2015
	D16A078	31.89	37.37	1095	1973-2015
	D16A080	34.27	38.38	1118	1970-2015
	D16A087	33.75	37.30	1202	1970-2015
	D16A089	34.66	38.03	1474	1972-2015
	D16A094	34.78	38.01	1376	1976-2015
	D16A095	32.60	37.38	1026	1971-2015
	D16A098	34.26	38.29	1129	1973-2015
	D16A100	32.26	37.92	1261	1975-2015
	D16A101	31.84	37.59	1111	1975-2015
	D16A115	32.14	37.16	1150	1978-2015
	D16A117	33.22	37.07	1140	1979-2015
D16A126	33.20	38.55	910	1980-2015	
D16A140	34.17	37.41	1161	1985-2015	

Tablo 1’de verilen periyodlara ait veriler işleme alınmıştır. Tablo 2’de bu verilere ait istatistiksel bilgiler verilmiştir.

**Tablo 2.** İstasyonlara ait istatistiksel bilgiler

Havza	İstasyon Adı	Maks.	Min.	Ort.	Sx	Csx
Konya Kapalı Havzası	D16A001	40	20	27,544	5,608	0,849
	D16A003	96,5	24	50,698	16,761	0,968
	D16A013	41	3,2	15,531	9,528	1,037
	D16A014	90,7	5,06	25,339	24,762	1,460
	D16A015	70,5	1,2	23,352	20,053	1,167
	D16A028	145	2,49	24,911	26,496	2,751
	D16A048	26	4,4	15,491	3,079	-0,020
	D16A066	0,62	0,21	0,296	0,070	2,901
	D16A077	0,66	0,33	0,490	0,081	0,213
	D16A078	135	23	48,905	23,416	1,819
	D16A080	41	1,43	6,013	7,325	3,476
	D16A087	57,1	2,9	19,488	14,266	1,116
	D16A089	4,4	0,18	1,058	0,931	2,226
	D16A094	1,3	0,23	0,621	0,278	0,753
	D16A095	78,4	37	58,248	10,059	-0,074
	D16A098	33	7,16	17,938	7,891	0,040
	D16A100	32	2,95	11,748	6,262	1,645
	D16A101	216	2,34	57,441	60,226	1,153
	D16A115	60,8	4,12	15,490	11,485	2,240
	D16A117	120	3,2	28,323	28,125	1,677
D16A126	58	1,38	15,225	15,240	1,396	
D16A140	16,5	4,8	10,047	2,785	0,089	

Sx: Standart Sapma, Csx: Çarpıklık katsayısı

## İstatistiksel Yöntemler

### Normal Dağılım

Hidrolojide ve diğer birçok disiplindeki verilerin normal dağılıma iyi uyduğu bilinmektedir. Bu da merkez limit teoremi ile açıklanabilir. Merkez limit teoremine göre bir rastgele değişken “X”, n adet bağımsız değişkenin toplamından meydana geliyorsa n arttıkça “X”in dağılımı esas değişkenlerin dağılımı ne olursa olsun hızla normal dağılıma yaklaşır. Pratikte bu sayı 10 olarak kabul edilebilir. X normal rastgele değişkenin olasılık yoğunluk fonksiyonu (OYF):

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_x^2}} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{x - \mu_x}{\sigma_x} \right)^2 \right] \quad (1)$$

Dağılım alttan ve üstten sınırsız ( $-\infty \leq x \leq \infty$ ) olup ortalaması  $\mu_x$ , varyansı  $\sigma_x^2$ ’dir. Normal dağılım simetrik olup çarpıklık katsayısı sıfır ve kurtosis katsayısı 3’dür. Dağılımın iki momenti  $\mu_x$  ve  $\sigma_x^2$  aynı zamanda parametreleridir.

### Log-Normal Dağılım

“X” değişkeninin logaritması ile tanımlanan “Y” değişkeni normal dağılmış ise X’in dağılımı lognormaldir. Dağılım  $X > 0$  için tanımlanabileceğinden hidrolojideki birçok pozitif çarpık değişkene iyi uymaktadır.

$Y = \ln(x)$	(2)
--------------	-----

Yukarıdaki denklemden esas “X” değişkenine aşağıdaki ifade ile geçilir.

$X = \exp(Y)$	(3)
---------------	-----

X lognormal değişkeninin eklenik dağılım fonksiyonu (EDF) aşağıdaki gibidir:

$F(x) = P(X \leq x) = P\left[Y \leq \ln(x)\right] = P\left[\frac{Y - \mu_y}{\sigma_y} \leq \frac{\ln(x) - \mu_y}{\sigma_y}\right] = \Phi\left[\frac{\ln(x) - \mu_y}{\sigma_y}\right]$	(4)
---	-----

### Üç-Parametrelili Log-Normal Dağılım

Birçok durumda “X” rastgele değişkenin logaritmasını almakla değişken normal dağılıma pek uymamaktadır. Ancak  $X_0$  gibi bir alt sınır değeri çıkarıldıktan sonra logaritmik dönüşüm yapıldığında değişken normal dağılıma uyabilmektedir.

$Y = \ln(X - X_0)$	(5)
--------------------	-----

$X_0$  alt sınır olup Y’nin dağılımı aşağıdaki gibi normal dağılım olmaktadır.

$X = X_0 + \exp(Y)$	(6)
---------------------	-----

### Gumbel Dağılımı

Hidrolojide karşılaşılan birçok olayın en büyük veya en küçük değerleri benzer özellik gösterir. Örneğin bir yıldaki en büyük debi, yağış veya en düşük debiler. Bu rastgele değişkenlerin dağılımlarının ekstrem değer dağılımlarından biri olabileceği Gumbel tarafından 1958 yılında ileri sürülmüştür. İstatistiğin ekstrem değerler teorisine göre, bağımsız değişkenlerin sayısının sonsuza gitmesi halinde örneklerdeki en büyüklerin dağılımının ekstrem değer dağılımlarından birine yakınsadığı kabul edilir. Bunlar Tip I, II ve III dağılımlarıdır (Beden, 2019).

$m_1, m_2, \dots, m_N$  günlük yağışlar veya akımlar olsun. “X” rastgele değişkeni yıllık  $X = \max(m_i) \quad i=1, 2, \dots, 365$  olacak şekilde tanımlansın. Şayet  $m_i$ ’ler bağımsız, aynı dağılıma sahip ve üstte sınırsız iseler N’nin büyük değerlerinde X değişkeninin dağılımı ekstrem Tip I veya Gumbel dağılımıdır. Ayrıca  $m_i$ ’lerin üst kuyruğunun dağılımı eksponansiyeldir. Literatürde yıllık maksimum akımların, maksimum 24 saatlik yağışların dağılımı için sıklıkla Gumbel dağılımı kabulü yapılmıştır. Gumbel dağılımının OYF ve EDF;

$f(x) = \frac{1}{a} \exp\left[-\frac{x-\xi}{a} - \exp\left(-\frac{x-\xi}{a}\right)\right]$	(7)
--	-----

$F(x) = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\xi}{a}\right)\right]$	(8)
--	-----

L-momentler yöntemi ile yapılan tahminler, gözlemler gerçekten Gumbel dağılımına uygunsu daha başarılıdır. Maksimum olabilirlik yöntemi en başarılı parametre tahmin yöntemi olup, L-moment tahminlerinin kullanılması ile elde edilen kuantil tahminleri, şayet veriler dağılıma sınırlı bir uygunluk gösteriyorsa üstündür. Gumbel dağılımının OYF, Log Normal dağılımının  $Cs_x = 1.13$  olan dağılımına çok benzerdir. Denklem 3.7’de  $\xi$  ve  $a$  değişince Gumbel OYF’nin merkezi hareket etmekle birlikte çarpıklık katsayısı sabit olduğundan biçimi değişmez (Bayazıt ve Önöz, 2007; Bayazıt ve Yeğen Oğuz, 2013).

### Log-Pearson Tip III

Bir rastgele değişkenin logaritmaları Tip-3 dağılmış ise (Y değişkeni) esas değişkenin “X” dağılımı Log Pearson Tip3 olur.

$Y = \ln(x)$	(9)
--------------	-----

$X = \exp(Y)$	(10)
---------------	------

$\alpha$  biçim,  $\beta$  ölçek ve  $\xi$  yer parametresi olmak üzere dağılımın OYF:

$f(x) =  \beta  [\beta(x - \xi)]^{a-1} \frac{\exp\{-\beta[\ln(x) - \xi]\}}{a\Gamma(a)}$	(11)
---	------

### Kolmogorov-Smirnov Testi (KS)

Kolmogorov-Smirnov testi, Kolmogorov tarafından 1933 yılında önerilmiştir. Kolmogorov, tek örnek için uyum testini önermiştir. 1939 yılında ise bir Rus matematikçisi olan Smirnov tarafından iki bağımsız örnek için uyum testi geliştirilmiştir (Bircan vd, 2003). Kolmogorov testi ve Smirnov testi benzerlik nedeniyle Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testi olarak da bilinmektedir (Kolmogorov, 1933; Smirnov, 1939). KS testi örneklem verilerinin tanımlanmış bir anakitle normal olasılık dağılımına uyumluluk gösterip göstermemesini sınamak için kullanılır. Tek örnek için KS testi iki kümülatif dağılım fonksiyonunun incelenmesi temeline dayanır (Gamgam, 1998). Bunlardan birincisi sıfır hipotezinde belirtilen kümülatif dağılım fonksiyonudur. İkincisi örnekten elde edilen gözlenen kümülatif dağılım fonksiyonudur.

Hipotezler (o: observed, e: expected):  $H_0: o_i = e_i$  (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygundur),  $H_a: o_i \neq e_i$  (Gözlenen frekanslar beklenen frekanslara uygun değildir. Aralarındaki fark önemlidir) Test istatistiği  $\Delta$  ile gösterilir.  $\Delta$ ; gözlenen ve beklenen değerlerin kümülatif nispi frekansları arasındaki mutlak farkın en büyüğüdür (Kartal, 1998).

$\Delta = \max  F_o - F_e $	(12)
-----------------------------	------

Formülünde,  $F_o$ ; gözlenen kümülatif nispi frekans,  $F_e$ ; beklenen kümülatif nispi frekanstır.  $\Delta$  istatistiği için örnek dağılımından elde edilen kritik değerler Kolmogorov-Smirnov uyum iyiliği testine ilişkin tablodan  $n$  ve  $1-\alpha$  ( $\alpha$ ; anlamlılık düzeyi olmak üzere) değerlerine göre bulunan  $\Delta_k$  değeri ve örnekten hesaplanan değer  $\Delta_h$  olmak üzere,  $\Delta_h < \Delta_k$  ise  $H_0$  kabul edilir, (yani  $H_a$  red edilirse) gözlenen frekansların beklenen frekanslara uygun olduğu söylenir (Yıldırım, 2013).

### BULGULAR

Çalışmada Konya Kapalı Havzasına ait olan 1961-2015 yılları arasındaki meteoroloji gözlem istasyonundan ( $Q_{50}$ ,  $Q_{100}$ ,  $Q_{500}$ ,  $Q_{1000}$ ) taşkın tekerrür debileri ve bu değerlere en uygun dağılım tipi elde edilmiştir. Bulunan değerler aşağıdaki gibi Tablo1’ de en küçük değerler italik ve en büyük değerler ise kalın gösterilmiştir. En uygun dağılım tipi ise Tablo3.’de gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Taşkın Tekerrür Debi Değerleri

Havza	İstasyon Kodu	Q50	Q100	Q500	Q1000
Konya Kapalı Havzası	D16A001	42,47	45,75	52,69	340,4918
	D16A003	95,76	105,85	127,55	2183,842
	D16A013	39,9	44,56	53,6	405,256
	D16A014	130,2	185,94	368,73	23985,2
	D16A015	85,89	101,11	133,64	2895,112
	D16A028	108,4	143,5	243,12	10942,31
	D16A048	21,81	22,65	24,34	59,5089
	D16A066	<u>0,47</u>	<u>0,5</u>	<u>0,56</u>	<u>0,5282</u>
	D16A077	0,67	0,7	0,76	0,7402
	D16A078	115,74	131,08	161,63	3666,937
	D16A080	29,14	42,94	91,81	1467,012
	D16A087	56,46	63,67	77,71	856,3684
	D16A089	3,76	4,63	7,01	13,5788
	D16A094	1,45	1,63	2,02	2,1955
	D16A095	0,67	0,7	0,76	0,7402
	D16A098	34,31	36,53	40,6	176,1717
	D16A100	28,95	33,18	43,66	336,576
	D16A101	<b>340,94</b>	<b>459,77</b>	<b>792,56</b>	<b>113921,2</b>
	D16A115	52,4	66,45	104,48	2059,222
	D16A117	142,7	191,88	332,61	20274,05
D16A126	80,86	108,72	187,57	6484,531	
D16A140	15,77	16,52	18,05	40,6481	

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Yapılan araştırma sonucunda %95'lik kısımda elde edilen uygun dağılım tablosu Tablo 4'te gösterilmiştir. İstasyon bazında yapılan incelemelerde elde edilen sonuçlara göre D16A003, D16A013, D16A028 kodlu istasyonlarda birden fazla analizin %95 güven aralığında anlamlı sonuç verdiği görülmüştür. Diğer istasyonlarda ise güven aralığında anlamlı sonuç bulunamamıştır. İstisnai bir durum olarak bahsedilecek istasyon ise D16A080 kodlu istasyonda çarpıklık katsayısı  $\pm 3$  sınırını aştığı için Pearson Tip-3 testi gerçekleştirilememiştir ve Log-Pearson Tip-3 testi anlamlı sonuç vermiştir.

Tablo 4. Uygun Dağılım Tablosu

İstasyon Kodu	Normal Dağılım	Log-Normal (2 Parametrel)	Log-Normal (3 Parametrel)	Pearson Tip-3 (Gama Tip-3)	Log-Pearson Tip-3	Gumbell
D16A001	-	-	-	-	-*	-
D16A003	+	+	+	+	+*	+
D16A013	+	+	+	+*	+	+
D16A014	-	-	-	-	-*	-
D16A015	-	-	-	-	-*	-
D16A028	-	+	+	+	+*	-
D16A048	-	-	-	-*	-	-
D16A066	-	-	-	-	-*	-
D16A077	-	-	-	-	-*	-
D16A078	-	-	-	-	-*	-
D16A080	-	-	-	**	+*	*
D16A087	-	-	-	-	-*	-
D16A089	-	-	-	-	-*	-
D16A094	-	-	-	-	-*	-
D16A095	-	-	-	-	-*	-
D16A098	-	-	-	-	-*	-
D16A100	-	-	-	-	-*	-
D16A101	-	-	-	-	-*	-
D16A115	-	-	-	-	-*	-
D16A117	-	-	-	-	-*	-
D16A126	-	-	-	-	-*	-
D16A140	-	-	-	-	-*	-

+: Kabul edilen dağılım.

-:Reddedilen dağılım.

\*: Nihai olarak kabul edilen dağılım.

\*\* : Çarpıklık katsayısı  $\pm 3$  sınırını aştığı için hesaplanamadı.

## KAYNAKLAR

- Şahin MA, Akyürek Z 2013. Ceyhan Havzası İçin Bölgesel Taşkın Frekans Analizi. Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, pp.13-23.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın Yönetimi, 2017. Ankara, pp. 4-5. Erişim adresi:  
[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjs2c7-wNLRAhWITxUIHbx\\_DPsQFjABegQIARAB&url=http%3A%2F%2Fwww.taskinyonetimi.ormansu.gov.tr%2F\\_engine%2Ffile.axd%3Ffile%3D%2FDokumanlar%2FTask%25C4%25B1n\\_Yonetimi.pdf&usg=AOvVaw2PU\\_hR4PVHi9FXZFLO0YEQ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjs2c7-wNLRAhWITxUIHbx_DPsQFjABegQIARAB&url=http%3A%2F%2Fwww.taskinyonetimi.ormansu.gov.tr%2F_engine%2Ffile.axd%3Ffile%3D%2FDokumanlar%2FTask%25C4%25B1n_Yonetimi.pdf&usg=AOvVaw2PU_hR4PVHi9FXZFLO0YEQ)
- Dikici M, Aksel M 2019. Havza Büyüklüğüne Göre En Uygun Taşkın Debisi Hesap Yönteminin Bulunması Doğu Akdeniz Havzası Örneği. ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi 2019, 1(3): 120-131.
- Kim J, Johnson L, Cifelli R, Thorstensen A, Chandrasekar V 2019. Assessment of antecedent moisture condition on flood frequency: An experimental study in Napa River Basin, CA. Journal of Hydrology: Regional Studies, vol. 26.
- Erena SH, Worku H, Paola F 2018. Flood hazard mapping using FLO-2D and local management strategies of Dire Dawa city, Ethiopia. Journal of Hydrology: Regional Studies, 19: 224–239.
- Furl C, Sharif H, Zeitler JW, El Hassan A, Joseph J 2018. Hydrometeorology of the catastrophic Blanco river flood in South Texas, May 2015. Journal of Hydrology: Regional Studies, 15: 90-104.



- Didovet L, Krysanova V, Bürger G, Snizhko S, Balabukh V, Bronstert A, 2019. Climate change impact on regional floods in the Carpathian region. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, vol. 22.
- Kheradmand S, Seidou O, Konte D, Batoure MBB, 2018. Evaluation of adaptation options to flood risk in a probabilistic framework. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 19: 1-16.
- Şeker M 2015. Antalya Havzası'nın Taşkın Frekans Analizi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 121.
- Hakan M 2008. Kızılırmak Havzasında Taşkın Frekans Analizi. Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 166, Kırıkkale.
- <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/NHYP%20DEN%C4%B0Z/KONYA%20KAPALI%20NEH%C4%B0R%20HAVZASI%20Y%C3%96NET%C4%B0M%20PLANI.pdf> (açılmıyor.)
- Nalbantçılar MT, Arık F, Arık A 2009. Konya Kapalı Havzası'nın Mevcut Sorunları ve Çözüm Önerileri. *JMO Haber Bülteni*, 1: 1-4.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı 2018. Konya Kapalı Havzası Sektörel Su Tahsis Planı Hazırlanması Projesi, Sayfa 1. Erişim adresi:  
<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Akar%C3%A7ay%20konya%2003.07.2019/Konya%20SSTP%20Eylem%20Plan%C4%B1.pdf> adresinden alındı.

## Türkiye cüruf istatistiği ve cüruf geri dönüşümü

Nurhan Adil Öztürk\*, Sevinç Sevgi Çiçek

İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi; Makine Mühendisliği Bölümü,  
Hatay, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: nadil.ozturkiste.edu.tr

### Özet

Artan insan nüfusu ile birlikte artan enerji ihtiyacı, genel olarak fosil kökenli doğal kaynaklar ile karşılanmaktadır. Ancak doğal kaynaklarımız gün geçtikçe azalmaktadır. Bu yüzden enerji ihtiyacımızın belirli bir kısmını doğal malzemelerin atıklarını kullanarak karşılamak hem çevresel hem de maddi olarak büyük fayda sağlamaktadır. En fazla atık malzeme miktarına sahip olan sektörlerden biri olan demir-çelik sektörü Türkiye için büyük önem arz etmektedir. Ciddi oranda cürufun meydana geldiği demir-çelik sektöründe geri dönüşüm miktarı oldukça düşük olan cüruf, ülkemizde genel olarak değerlendirilememekte ve cüruf atık enerjisinden etkili bir biçimde yararlanılamamaktadır. Bu nedenle doğru bir şekilde değerlendirilemeyen cüruf ve onun atık enerjisi, işletmelere maddi kayıp olarak dönmektedir. Bu çalışmada ülkemizdeki cürufun mevcut durumu ve cüruf geri dönüşüm oranları incelenmiştir. Ayrıca cürufun birçok alanda değerlendirilebileceği ve bunun yanı sıra yüksek atık ısı enerjisine sahip olduğu göz önünde bulundurularak enerji üretiminde kullanılabileceği belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Geri Dönüşüm, Cüruf, Demir-Çelik Endüstrisi, Isı kazanım

### Turkey; slag statistics and slag recycling

#### Abstract

The increasing energy needs along with the increasing human population is generally met by fossil origin natural resources. However, our natural resources are decreasing day by day. Therefore, it provides great benefits both environmentally and financially to meet a certain part of our energy requirements by recycling the waste of natural materials. The iron and steel sector which is one of the sectors having the maximum amount of waste material is of great importance for Turkey. In the iron and steel industry, considerable volume of slag is generated. However, in Turkey the slag generated by the iron and steel industry has a very low amount of recycling, and as a result, in general, the slag waste energy cannot be reutilized effectively in our country. For this reason, slag and its waste energy, which cannot be reutilized effectively, return to the enterprises as financial losses.

In this study;

- The current state of slag and slag recycling rates in our country have been examined,
- It is also advised that the slag can be utilized in energy production considering that the slag has wide spectrum usable areas in the industry as well as its high waste heat energy.

**Keywords:** Recycling, Slag, Iron and Steel Industry, Heat recovery.

### 1. Giriş

Mevcut durumda büyük bir kısmı fosil kaynaklı yakıtlardan sağlanan dünya enerji ihtiyacının, artan nüfus ve küresel tüketime paralel olarak arttığı şüphesizdir. Artan enerji ihtiyacının aksine fosil kökenli doğal kaynaklar gün geçtikçe azalmaktadır. Doğal kaynakları kullanarak enerji üretmek yerine alternatif enerji ve doğal malzemelerin atıklarını kullanarak enerji üretmek tasarruf için büyük bir adım sayılabilir [1]. Yan ürün ve atık malzemenin oluşumunun en fazla olduğu sektörlerden biri olan demir-çelik sektörü, Türkiye'nin birçok sanayi koluna hammadde sağlaması yönünden dünya çapında öneme sahip olduğu bir sektördür [3].

Türk çelik sektörü, dünyadaki 66 çelik üretimi yapan ülke arasından 34 milyon ton ham çelik üretimiyle dünyada 10.sırada, Avrupa'da ise 2. Sıradadır [10]. Demir-çelik sektöründe ciddi oranda aktif olan ülkemizde 2009 yılı itibarıyla 24 aktif tesis bulunmakta olup yıllık yaklaşık 5 milyon ton cüruf eldesi olduğu tespit edilmiştir. Bu cürufun hemen hemen %87'si işletmede bekletilmekte, %12'si düzenli depolanmakta ve sadece %1'inin geri dönüştürüldüğü tespit edilmiştir [2]. Geri kazanılmamış cüruf, büyük çaplı maddi kayıplara neden olmakla birlikte çevresel sorunlara da neden olmakta ve depolama alanı büyüklüğü nedeniyle ciddi sıkıntılar doğurmaktadır. Bu nedenle cürufun geri kazanımı büyük önem arz etmektedir. Cürufun

değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Reuter ve ark. (2004), çalışmalarında ciddi miktarlarda cüruf eldesi sağlanan proseslerde uygun geri kazanım yapılamadığı için büyük oranda atık meydana geldiğini ve cüruf atık miktarının artmasıyla birlikte düzenli depolama alanlarına olan gereksinimin ve bertaraf maliyetinin arttığını belirtmiştir. Sahalarda bulunan atık malzemelerin hava ,su, toprak kirliliğine sebebiyet verdiğine değinmiştir [20]. Çağlar (2007), yapmış olduğu bu çalışmada atık malzemelerin depolanması veya doğaya bırakılmasıyla meydana gelebilecek toplumsal birçok sorundan bahsetmiştir. Endüstriyel atık malzemelerin karayollarında kullanılarak değerlendirilmesiyle hem kısıtlı olan doğal malzemelerin kullanımını azaltmak hem de depolanan atık malzemelerin doğaya verdiği tahribatı en aza indirme fikrini sunmuştur [1]. Yılmaz ve ark. (2006), çalışmasında elektrik ark fırını cürufunun yol üstyapısının temel tabakalarında doğal agregaya alternatif olarak kullanabileceğini ve yüksek trafik hacmine sahip karayolu temelleri için güzel bir seçenek olduğunu belirtmiştir [8]. Akgül (2009), endüstriyel atık olarak çevreye en çok zarar veren ağır metallerin biyolojik olarak ayrışmadığını ve birçok sanayi kolunda kullanılan kurşunun sulardan uzaklaştırılması gerektiğini belirtmiştir. Ağır metal giderim yöntemlerinden biri olan adsorpsiyon yönteminde kullanılan ve yüksek maliyete sahip olan aktif karbon gibi adsorbantlar yerine bentonit, zeolit, kemik, sepiyolit, demir çelik cürufu gibi malzemeleri kullanarak adsorpsiyon işleminin daha ekonomik bir şekilde yapılabileceği üzerinde durmuştur [4]. Mutlugeldi (2015), inşaat sektörünün ülke ekonomisindeki yerinin gün geçtikçe arttığını ve ülke kaynaklarımızın sınırlı olduğunu göz önüne alarak geri kazanım işleminin önemini vurgulamıştır. Ayrıca Karayolu Teknik Şartnamesi 2013'te yer alan kriterleri deneysel olarak araştırmış ve elektrik ark ocağı cürufunun karayolu esnek üstyapı bitümlü temel tabakasında agrega olarak kullanabileceğini belirtmiştir [5]. Delil ve ark. (2017), bölge firmaları için büyük sorun haline gelen cüruf değerlendirme konusunun henüz istikrarlı bir yaklaşım ile çözülemediğini ve bu konunun firmaların rekabet gücünü olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Haddene tufalı ve cüruflarının yüksek demir içerikli, ekonomik değeri yüksek atıklar olduğunu belirterek çelikhane cürufunun ve tufalinin bitki besin elementlerinin büyümesinde kullanılmasının hem ülke ekonomisi açısından hem de tarım sektörü açısından büyük önem arz ettiğini belirtmiştir [3].

Bu çalışmada; Türkiye'nin önemli bir yere sahip olduğu demir-çelik sektöründe atık malzemesi olan cürufun durumu ve geri kazanılmasının önemi vurgulanmıştır.

## 2. Dünyada Ham Çelik Üretimi Mevcut Durumu

2019 yılı dünya çelik üretimi sıralaması tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'e göre ham çelik üretimini 2018 yılına oranla %5 oranında artırarak, 2019 yılında yaklaşık 81 milyon ton üretim ile Çin'in Dünya sıralamasında lider olduğu görülmektedir. Çin ekonomisinde %54,4 oranında payı olan ham çelik üretimi, önceki yıla oranla yaklaşık 4 milyon ton artarak Çin'e dünya pazarında birinciliği kazandırmıştır. Dünya sıralamasında yaklaşık 9 milyon ton üretim ve %1,7 artış ile Hindistan, yaklaşık 8 milyon ton üretim ve %0,4 düşüş oranı ile Japonya ilk 3'te yer almaktadır. Dünya Çelik Birliği'nin güncel verilerine göre Türkiye ise; %10,6 oranında bir düşüşe rağmen yaklaşık 3 milyon ton ham çelik üretimi ile Dünyada 8. Avrupa'da ise 2. sırada yer aldığı görülmektedir.

## 3. Dünyada Cüruf Geri Dönüşümü

Dünyada çelik cürufunun ortalama %80 oranında geri dönüşümü sağlanırken yüksek fırın cürufunun geri dönüşüm oranı %100'dür. Ekonomik ve çevresel birçok fayda sağlanmasından kaynaklı dünyada pek çok ülkede çelik cürufunun kullanım potansiyeli artmaktadır (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015).

Yıllık çelik üretiminin 170 milyon ton (Mt) olduğunu belirtmekte olan Avrupa birliği, Çelik üretimi sırasında toplam üretimin %15-20'sinin cüruf olarak hesaplandığını ve bu miktarın yıllık 30 Mt cürufa tekabül ettiğini belirtmektedir. Bununla beraber Dünya'da 2020'de yaklaşık 1781 Mt çelik üretimi yapılacağı tahmin edilmekte olup cüruf miktarının da çelik üretimiyle doğru orantılı olarak artacağı göz önünde bulundurularak cüruf için farklı uygulamaların gerekli olduğunu bildirmiştir (Gökalp,İ., ve ark., 2018).

Cüruf dünyada pek çok ülkede birçok kullanım alanında değerlendirilmektedir.

İtalya 'da yapılan araştırmalara göre elektrik ark fırın ocak cüruflarının yeterli mekanik ve fiziksel özelliklere sahip olduğu bunun yanı sıra çevresel ve kimyasal olarak problem doğurmadığı tespit edilmiş asfalt betonu malzemesi olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir (FHWA, 2012).

**Tablo 1.** 2019 Yılı Dünya Ham Çelik Üretimi (World Steel Association, 2019).

<b>Dünya Ham Çelik Üretimi (000 ton) Temmuz 2019</b>						
	<b>SteelData</b>	<b>2018- Temmuz</b>	<b>2019- Temmuz</b>	<b>% değişim 19/18</b>	<b>% pay 19</b>	<b>Fark</b>
1.	Çin	81.180	85.223	5,0	54,4	4.043
2.	Hindistan	9.059	9.215	1,7	5,9	156
3.	Japonya	8.420	8.387	-0,4	5,4	-33
4.	ABD	7.383	7.514	1,8	4,8	131
5.	Rusya	6.293	6.200	-1,5	4,0	-93
6.	G. Kore	6.173	6.041	-2,1	3,9	-132
7.	Almanya	3.395	3.360	-1,0	2,1	-35
8.	<b>Türkiye</b>	<b>3.272</b>	<b>2.925</b>	<b>-10,6</b>	<b>1,9</b>	<b>-347</b>
9.	Brezilya	3.086	2.449	-20,6	1,6	-637
11.	İran	1.981	2.200	11,1	1,4	219
10.	İtalya	2.156	2.130	-1,2	1,4	-26
12.	Tayvan	1.976	1.890	-4,4	1,2	-86
13.	Ukrayna	1.815	1.784	-1,7	1,1	-31
14.	Vietnam	1.165	1.773	52,2	1,1	608
15.	Meksika	1.754	1.440	-17,9	0,9	-314
	<b>Dünya</b>	<b>154.009</b>	<b>156.697</b>	<b>1,7</b>	<b>100,0</b>	<b>2.688</b>

**Kaynak: Dünya Çelik Birliği / Düzenleme: SteelData**

Amerikan Federal Karayolları İdaresi (FHWA) 'nin yayımladığı kılavuzda çelikhane cürufu agregalı asfaltının yüksek stabilite, iyi sürtünme direnci ve tekerlek izi direnci gibi birçok avantajından kaynaklı Amerika'da en az 11 eyalette kullanıldığı belirtilmiştir (FHWA, 2012). 1992 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde çelikhane cürufları %35 oranında yol temeli malzemesi, %16 oranında dolgu malzemesi, %13 oranında asfalt agregası ve %3 oranında ise demir yolu balast malzemesi olarak kullanılmıştır (NSA ,1992). Amerika'da Yüksek Fırın cüruflarının ise %90 oranında havada soğutulmuş %7 oranında granüle şeklindedir. Havada soğutulmuş yüksek fırın cüruflarının %46'sı yol temelinde, %16'sı asfalt beton agregası olarak, %10'u beton agregası olarak, %10'u yapısal dolgu malzemesi olarak, %1'i demiryolu balast malzemesi olarak değerlendirilmiştir. Granüle yüksek fırın cürufları %84 oranında yol temeli ve dolgu malzemesi olarak değerlendirilirken %8 oranında ince beton agregası olarak değerlendirilmiştir. ABD'de yaklaşık yıllık 19 milyon ton demir-çelik cürufu 150 milyon \$ ticari değer ile inşaat ve yol malzemesi olarak kullanılmak üzere satılmaktadır (NSA ,2003).

2013 yılında Avustralya Cüruf Birliği (ASA) 'nin yayımladığı kılavuzunda; Avustralya'da 2010 yılında 2,67 milyon ton demir-çelik cürufunun %50 sinin yol inşaatı ve yapı işlerinde değerlendirilirken %33'ünün yüksek katma değerli çimento uygulamalarında kullanıldığı belirtilmiştir.1990 yıllarında etkin demir-çelik cüruf kullanım oranı %30-40 civarlarında iken günümüzde bu oran %85'in üzerine çıkmıştır (ASA, 2014).

Japonya'da 2003 yılından itibaren Japon standartları gereği çelik cürufları beton üretiminde kullanılmaktadır (Sakaki,T., 2015). 2009 yılında ise JFE Steel firması tarafından liman inşaatı ve tadilatında kullanılabilecek yüksek mekanik özelliklere sahip Ferroform adlı cüruf bazlı çimento betonu bloklar geliştirilmiştir (Matsunaga, H., ve ark., 2009). Japonya'da cüruf geri dönüşümü konusunda yapılan bu çalışmaların yanı sıra kıyı kenarlarının aşınmasına karşı, su kanalı ve deniz duvarı yapımında, kıyı güçlendirme gibi işlemlerde yaygın bir şekilde cüruf kullanılmaktadır (Karpuzcu, M., 2012).

#### **4. Türkiye'de Demir Çelik Sektörünün Mevcut Durumu**

Türkiye demir-çelik sektöründe söz sahibi olan birkaç ülkeden biridir. 50 milyon tonun üzerinde üretim kapasitesine sahip olan Türkiye demir-çelik sektörü, ülkemizin birçok vilayetinde hizmet vermektedir. Türkiye genelinde hizmet veren demir-çelik tesisleri Şekil 1.'de gösterilmektedir.



Kaynak: TÇÜD

Şekil 1. Türkiye Çelik Haritası (Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2016)

2016 yılında ham çelik kapasitesi incelendiğinde Akdeniz bölgesi 16,7 milyon ton, Marmara bölgesi 15,2 milyon ton, Ege bölgesi 11,3 milyon ton, Karadeniz bölgesi 8,3 milyon ton ile toplam kapasitenin 51,5 milyon ton olduğu saptanmıştır. Türkiye genelinde, demir çelik tesislerinin toplandığı 4 ana bölgeden en fazla kapasiteye 16,7 milyon ton ile Akdeniz Bölgesi'nin en az kapasiteye ise 8,3 milyon ton ile Karadeniz Bölgesi'nin sahip olduğu tespit edilmiştir (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015).

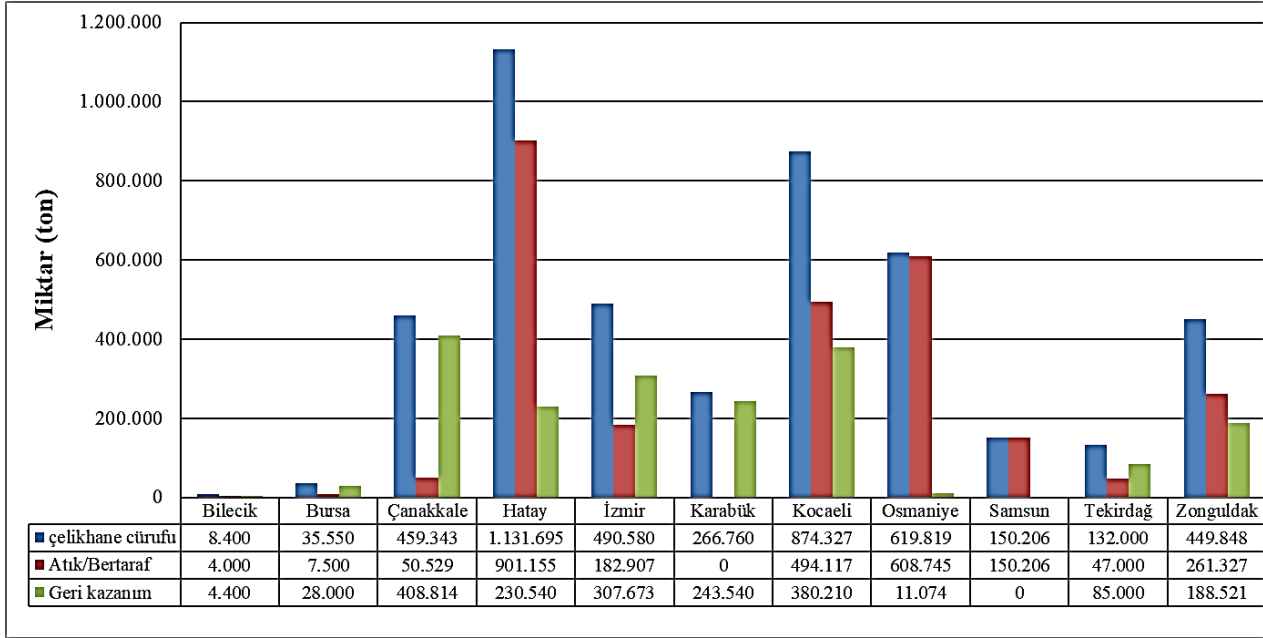
## 5. Çelik Üretimi Sırasında Oluşan Cüruf Çeşitleri ve İllere Göre Durumu

Çelik üretimi sırasında; çelikhane cürufu ve yüksek fırın cürufu olmak üzere iki tür cüruf oluşur [22];

### 5.1. Çelikhane cürufu

Çelikhane cürufu, çelik üretiminde konvertörde, indüksiyon ocaklarında ve elektrik ark ocaklarında metal eriyiğin oksitlenmesi ve rafinasyonu sırasında yoğunluğunun çeliğin yoğunluğundan daha az olması nedeniyle çeliğin üzerinde oluşur (<https://kalitelicelikciler.tr>, erişim, 2019). Ton ham çelik başına 150-200 kg arasında çelikhane cürufu oluşur. Çelikhane cürufu; parke, bordür, yağmur oluğu, hazır beton ürünleri, mikronize granüle ürünler, raspa kumu, asansör denge ağırlığı, beyaz eşya denge ağırlığı, asfalt agregası ve farklı boyutlarda dolgu malzemesi olarak geri kazanımı mevcuttur (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015).

Grafik 1.'de 2014 yılındaki illere göre çelikhane cürufu, atık ve geri dönüşüm miktarları, Grafik 2.'de 2014 yılı cüruf geri dönüşümünün yüzdelik oranı, Grafik 3.'te 2016 yılı cüruf kullanım alanları gösterilmektedir.



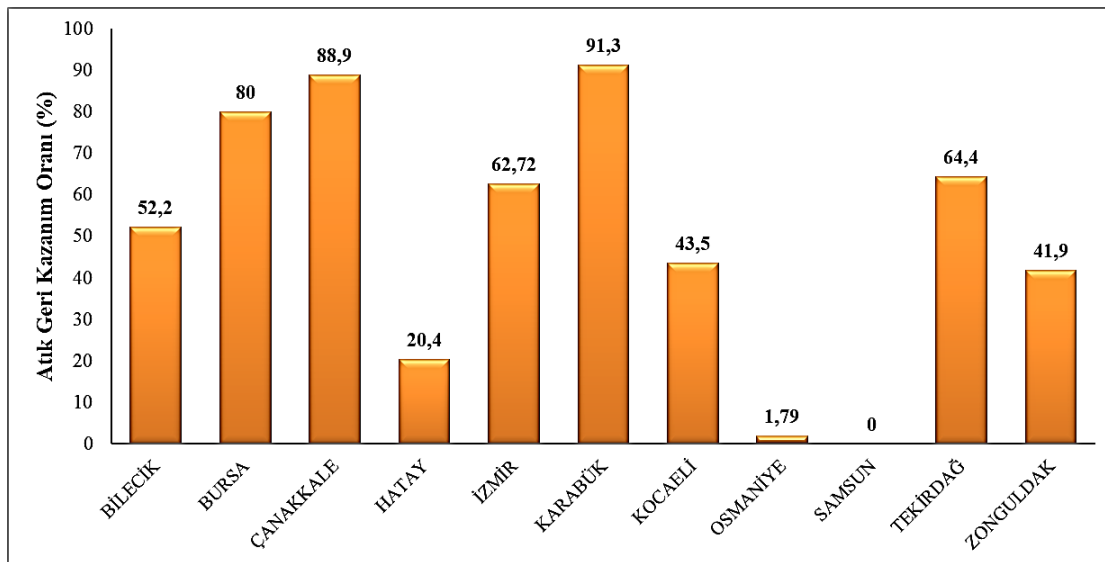
Grafik 1. 2014 yılı çelikhane cürufu, atık ve geri kazanım miktarlarının illere göre dağılımı (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015).

Grafik 1.'e bakıldığında çelikhane cüruf miktarının en yüksek oranıyla karşılaştığımız Hatay ilinin, atık/bertaraf oranları incelendiğinde tablodaki en yüksek atık/bertaraf miktarı ile geri dönüşüm konusunda kötü bir tablo çizdiği görülmektedir. En düşük çelikhane cüruf oranına sahip olan Bilecik'in yaklaşık yarı yarıya geri kazanım ve atık/bertaraf oranıyla sıradan bir tablo çizdiği görülmektedir. Atık miktarları incelendiğinde 0 atık miktarıyla geri kazanım konusunda en başarılı tabloyu çizen şehrin Karabük olduğu görülmektedir. Geri kazanım oranları incelendiğinde ise 0 geri kazanım oranıyla en kötü tablo çizen şehrin Samsun olduğu görülmektedir.

Grafik 1'den alınan veriler ile aşağıdaki yöntem ile elde edilen geri dönüşüm yüzdeleri Grafik 2.'de verilmiştir.

Geri kazanım yüzdesi = X

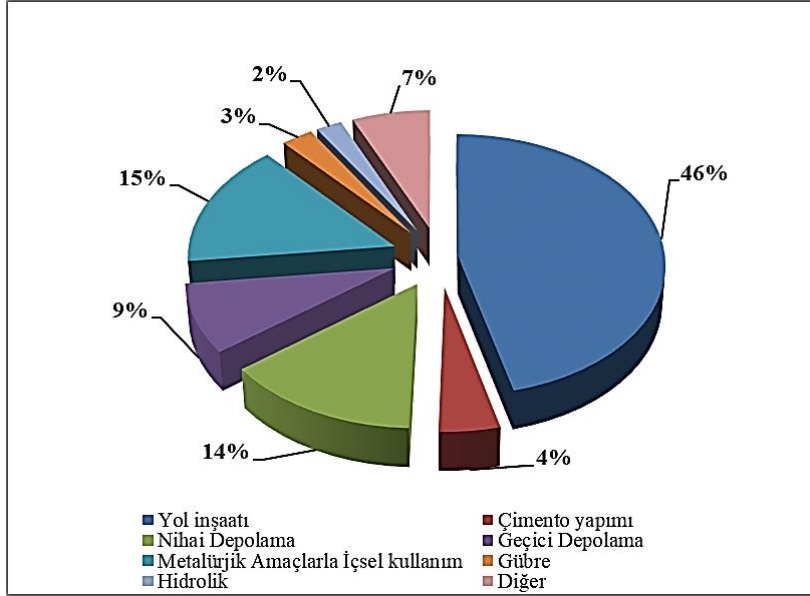
Çelikhane Cüruf miktarı \* X/100 = Geri Kazanım Miktarı



Grafik 2. 2014 yılı atık geri dönüşüm oranlarının illere göre değişimi (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015)

İl bazında cüruf geri kazanım yüzdeleri incelendiğinde, Karabük işletmelerinin %91,3 oran ile geri kazanım konusunda en yüksek değere sahip olan şehir konumundadır. Samsun'da çelikhane cürufu geri dönüşümü üzerine herhangi bir değer görülmezken ve Osmaniye %1,79 geri kazanım oranı ile geri dönüşüm konusunda

en düşük seviyede olan iki şehirden bir tanesidir. Hatay ise 1.131.695 milyon ton ile en fazla çelikhane cürufu elde edilen il olmasına rağmen geri kazanım oranı %20,4 oranı ile kötü bir tablo çizmektedir. Bu değerler dikkate alındığında cüruf geri kazanımı üzerine çalışmaların daha ileri boyutlara hızlı bir şekilde geçilmesi gerektiği görülmektedir.

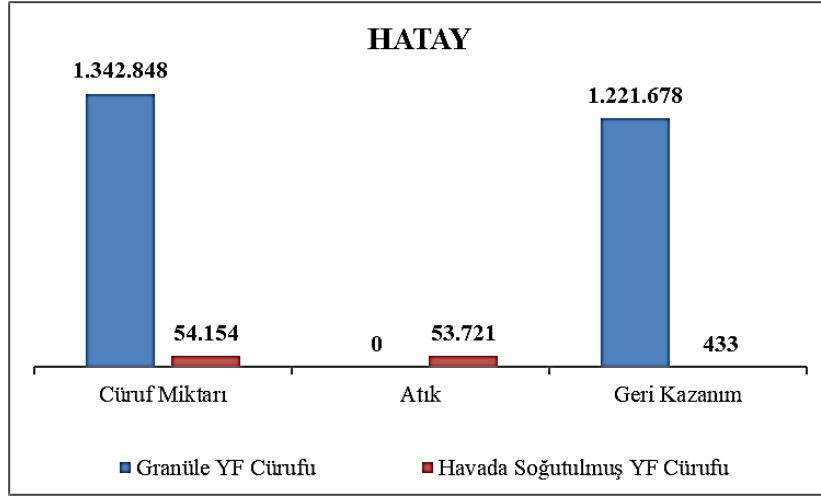


Grafik 3. 2016 Yılında Çelik Cürufunun Kullanım Alanları  
(<https://www.euroslag.com/products/statistics/statistics-2016>)

Grafik 3.'te Çelik Cürufları olarak ifade edilen Bazık Oksijen Fırın (BOF) Cüruflarının ve Elektrik Ark Ocağı (EAO) Cüruflarının Avrupa Cüruf Birliği verileri doğrultusunda 2016 yılında Avrupa'da Kullanım miktarlarını görmekteyiz. Tablo incelendiğinde; cürufların %9 oranında cürufun geçici %14 oranında ise nihai olmak üzere sadece %23'lük bir oranın depolandığı ve geriye kalan dilimlerin ise değerlendirildiği görülmektedir. Çelik cüruflarının en önemli kullanım alanının %46 oranıyla yol inşaatlarının olduğu görülürken grafikte en az yüzdeye sahip olan alanın %2'lik oranla hidrolik olduğu görülmektedir.

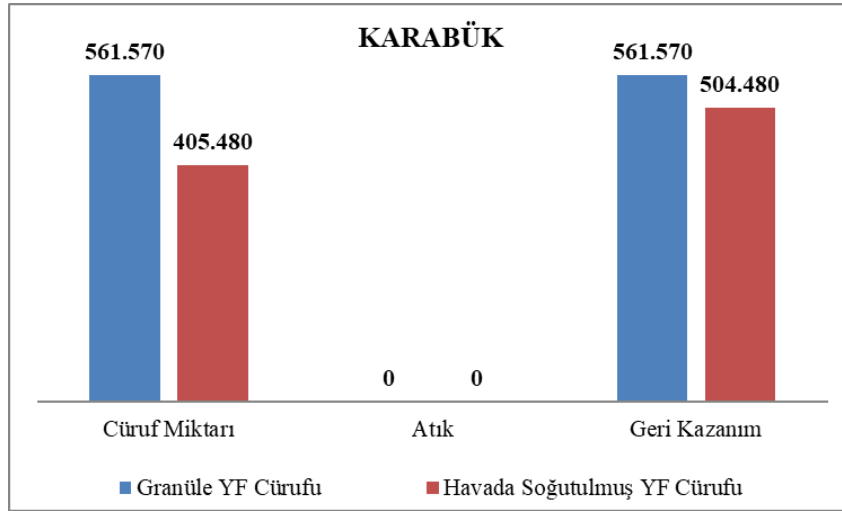
## 5.2. Yüksek Fırın Cürufu (YFC)

Yüksek fırın cürufu, yüksek fırınlarda demir üretimi sırasında açığa çıkan bir yan üründür (Reuter, M.,Xiao, Y.,&Boin,U., 2004). 1450°C-1550°C arasındaki sıcaklıklarda demir filizi, kireç, kok, gibi maddelerin indirgenmesi sonucunda oluşur (Reuter, M.,Xiao, Y.,&Boin,U., 2004). Sıcak metalden ton başına 200-600 kg arasında cüruf oluşur (Reuter, M.,Xiao, Y.,&Boin,U., 2004). Soğutulma hızına bağlı olarak farklı tanecik boyutlarına sahip olan yüksek fırın cürufları; havada soğutulmuş yüksek fırın cürufu ve Granüle yüksek fırın cürufu olmak üzere ikiye ayrılır. Tek başına bağlayıcılık özelliği olmayan yüksek fırın cürufları, Portland çimentosu ile birlikte kullanıldığında bağlayıcılık özelliği kazanır (Reuter, M.,Xiao, Y.,&Boin,U., 2004). Havada soğutulmuş yüksek fırın cürufunun beton ve asfalt agregası veya stabilizasyon malzemesi olarak kullanılabilen potansiyel kullanım alanları mevcuttur (Engin, Y., 2015). Granüle yüksek fırın cürufları ise çimento fabrikalarında değerlendirilmektedir (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015). Yüksek fırın cürufu ve geri kazanım miktarları illere göre incelenmiş olup Grafik 4., 5. ve 6.'da verilmiştir. 2016 yılı yüksek fırın cürufu kullanım alanları ise Grafik 7.'de incelenmiştir.



Grafik 4. 2014 Yılı Hatay İli İçin Yüksek Fırın Cürufu ve Geri Kazanım Miktarları (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015)

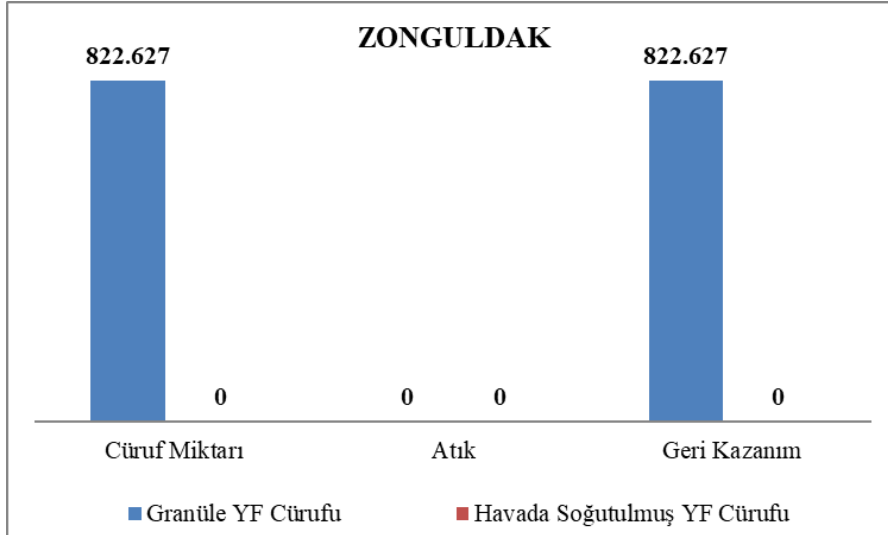
Grafik 4.'te görüldüğü üzere Hatay ili 1.342.248 ton Granüle Yüksek Fırın cürufunun yaklaşık %90'ını kazanmasına rağmen Soğutulmuş Yüksek Fırın Cürufunun sadece %0,8 gibi küçük bir oranını geri kazandırmaktadır.



Grafik 5. 2014 Yılı Karabük İli İçin Yüksek Fırın Cürufu ve Geri Kazanım Miktarları (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015)

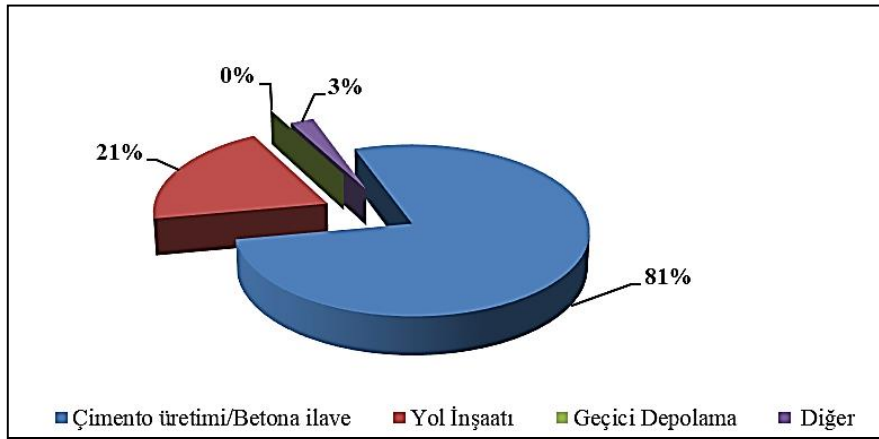
Grafik 5.'e bakıldığında Karabük ili 561.572 ton Granüle Yüksek Fırın ve 405.480 ton Soğutulmuş Yüksek Fırın Cürufunun %100'ünü geri kazandırarak umut verici bir istatistik sunmaktadır. Grafik 4. ile karşılaştırıldığında ise yaklaşık iki katı cüruf eldesi miktarına sahip olan Hatay granüle YF cürufu geri dönüşümü konusunda iyi bir tablo çizse de havada soğutulmuş YF cürufu konusunda Karabük'e oranla vasat bir tablo çizmektedir.





Grafik 6: 2014 Yılı Zonguldak İli İçin Yüksek Fırın Cürufu ve Geri Kazanım Miktarları (Demir Çelik Cüruf Raporu, 2015)

Grafik 6.'ya bakıldığında Zonguldak ilinde sadece Granüle Yüksek Cürufu eldesi olduğu görülmektedir. Geri kazanım oranı incelendiğinde %100 oranı güzel bir tablo çizmektedir. Hatay, Karabük ile karşılaştırıldığında, cüruf eldesi yapılan tüm cürufun geri kazanımı konusunda Zonguldak ilinin Karabük kadar başarılı olduğu görülmektedir.



Grafik 7: 2016 Yılı Yüksek Fırın Cürufunun Kullanım Alanları  
(<https://www.euroslag.com/products/statistics/statistics-2016>)

Grafik 7. incelendiğinde Avrupa'da atıl olarak değil yan ürün olarak değerlendirilen Yüksek Fırın Cüruflarının, depolama işlemi yapılmadan tamamının farklı alanlarda değerlendirildiği görülmektedir. Yüksek fırın cüruflarının %81 gibi yüksek bir oranla çimento üretimi ve betona ilave alanlarında, %21 oranında yol inşaatında kullanıldığı görülmektedir. %3'lük küçük bir yüzde ise diğer kullanım alanlarında değerlendirildiği görülmektedir. Genel olarak grafik 3 ve 7 incelendiğinde yüksek fırın cüruflarının çelik cüruflarına oranla daha başarılı bir şekilde geri kazandırıldığı görülmektedir.

Grafik 4., 5. ve 6.'da görüldüğü gibi Türkiye'deki tesislerde en fazla geri dönüşüm miktarı granüle YF cürufunda sağlanmaktadır. Havada soğutulmuş YF cürufu için Karabük ve Zonguldak illerinde %100 oranında geri dönüşüm sağlanırken Hatay yerleşkesinde geri kazanım miktarı sadece %0,8 oranındadır. Hatay'ın havada soğutulmuş YF cürufunun ciddi miktarının atıl halde olduğu ve geri kazanımı konusunda yetersiz kaldığı görülmektedir. Grafik 4. ve 7. ele alındığında Avrupa'da depolama yapılmadan tamamı geri kazandırılan YF cüruf miktarı ile Hatay ilimizdeki YF cüruf geri dönüşüm oranları karşılaştırıldığında açık ara fark görülmektedir.

## 6. BULGULAR ve TARTIŞMA

Avrupa’da çelik cürufları %55 oranında yol yapımında %12 oranında metalürjik proseslerde %26 oranında hidrolik mühendislik ve gübre üretimini kapsayan farklı alanlarda kullanılmaktadır. Dünya’da ise çelikhane cürufu %80 yüksek fırın cürufu %100 oranında geri kazanılmaktadır. Fakat Türkiye’de cüruf miktarının fazla olmasına karşın değerlendirilme aşamasında eksik kalınmakta ve yıllık ortalama 5 milyon ton cüruftan sadece %1 oranında geri dönüşüm sağlanmaktadır. Cürufun karayolu dolgusu, demiryolu balast, çimento ve gübre üretim, deniz dolgusu ve inşaat malzemesi olarak kullanılabilmesi deneysel olarak kanıtlanmıştır. Cürufun soğuduktan sonra geri kazandırılması konusunda farklı alanlarda çalışmalar yapılmış olmasına rağmen cürufun soğutulma esnasında ortaya çıkan cüruf atık ısısının değerlendirildiği bir çalışmaya rastlanmamıştır. Hem hızlı bir biçimde soğutulan granüle cürufların hem de yavaş bir şekilde havada soğutulan cürufların soğutulma esnasından ciddi ölçüde atık ısı enerjisine sahip olmasına rağmen değerlendirilemediği fark edilmiştir. Bu konuda güneş kulesi benzeri bir geometride tasarlanacak güç kulesi ile cüruf atık ısısından enerji elde edebileceği ve bu enerjinin verimli bir şekilde değerlendirilebileceği kanısındayız. Bu nedenle başarılı olduğumuz demir-çelik sektörü atığı olan cürufların, ısı enerjisinin etkin bir şekilde kullanılarak ülke ekonomisine kazandırılması faydalı bir adım olacaktır.

## 7. SONUÇ

Cüruf atık ısısının değerlendirilebilmesi için güneş kulesi benzeri bir yapının cüruf atıklarının değerlendirileceği proseslerle birlikte düşünülmesi ve ona göre bir sistem oluşturulması gerekir.

## KAYNAKÇA

- Akgül, E., (2009), Demir Çelik Endüstrisi Yüksek Fırın Cürufu ve Zeolit Kullanılarak Atık Sulardan Kurşun Giderimi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, viii.
- ASA, (2014), Steel Furnace Slag, Quick Reference Guide 3.
- Çağlar., G.A., (2007), Endüstriyel Atık Malzemelerin Karayollarında Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, ix-1.
- Delil, A. D., Yıldırım, D., & Köleli, N. (2017), Çelikhane Cürufundan ve Tufalından Bitki Besin Elementlerinin Geri Kazanımı ve Bu Elementlerin Bitki Büyümesine Etkisi. Akademik Platform, Apjes 5-1, 1-2.
- Engin, Y., (2015), Yüksek fırın Cürufu & Yüksek fırın Cürufu Çimento Üretimi Özellikleri Etkileri, 1-2.
- FHWA, (2012), User Guidelines For Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction, Kasım 2015 tarihinde FHWA, U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration: <http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/infrastructure/structures/97148/ssa2.cfm> adresinden alındı.
- Gökalp, İ., Uz, V.E., Saltan, M., Tutumluer, E., (2018), Technical and environmental evaluation of metallurgical slags as aggregate for sustainable pavement layer applications, Transportation Geotechnics, 14, 61-69. <https://kalitelicelikiler.tr.gg/DEM%26%23304%3BR-%C7EL%26%23304%3BK-CURUFU.htm> (Erişim tarihi: 16.05.2019)
- <https://www.euroslag.com/products/statistics/statistics-2016/> (Erişim tarihi 17.05.2019)
- Karpuzcu, M., (2012), Çelikhane Cüruflarının Geri Kazanımı, TOBB Türkiye Demir-Dışı Metaller Meclisi Teknik Raporu.
- Matsunaga, H., Tanishiki, K., & Tsuzimoto, K., (2009), Environment-Friendly Block, Ferroform, Made from Steel Slag, JPE Technical Report, 53-57.
- Mutlugeldi, C., (2015), Elektrik Ark Fırını Cürufunun Karayolu Esnek Üstyapı Bitümlü Temel Tabakasında Agregat Olarak Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, xv.
- NSA, (2003), Iron and Steel Making Slag Environmentally Responsible Construction Aggregates.
- NSA, (1992), Properties and Uses Of Iron and Steel Slags, National Slag Association.
- Özsaraç, U., & Özdemir, Ö., (2015), Demir-Çelik Metalurjisi, Ders Notu, 2.
- Pasetto, M., & Baldo, N., (2011), Construction and Building Materials, 3458-3468.
- Reuter, M., Xiao, Y., & Boin, U., (2004), Recycling an Environmental Issues of Metallurgical Slags and Salt Fluxes, VII International Conference on Molten Slags Fluxes and Salts, The South African Institute of Mining and Metallurgy, 349-356.
- Sakaki, T., (2015), Standardization of Iron and Steel Slag Products, Nippon Steel & Sumitomo Metal Technical Report No:109, 189-194.

- Türkiye Demir Çelik Üreticileri Derneği, Demir Çelik Cüruf Raporu, (2015), Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,3-11.
- Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, (2016), Türkiye Demir ve Demirdışı Metaller Meclisi Raporu,2017/300,6,108-112.
- Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, (2012), İskenderun Körfezi'nde Endüstriyel Simbiyoz Projesi ve Türkiye'de Demir-Çelik Sektörü Atıklarının Ekonomiye Kazandırılması,5.
- Uysal,F.F., Bahar,S., (2018),Cüruf Çeşitleri ve Kullanım Alanları, Trakya University Journal of Engineering Sciences, 19(1): 37-52.
- World Steel Association,(2019),World Steel in Figures.
- Yılmaz,A., & Süttaş,İ.,(2006), Ferrokrom Cürufunun Yol Temel Malzemesi olarak Kullanımı.İMO Teknik Dergi, 20084455-4470 ,Yazı 294 , 1

## Çeşitli sıcak dövme kalıplarının hasar mekanizmalarının incelenmesi

Nuray Beköz Üllen\* (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2705-2559>)  
Gülben Baba (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-0770-7749>)

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul,  
Türkiye

Sorumlu yazar e-mail:nbekoz@istanbul.edu.tr

### Özet

Sıcak dövme işleminde kullanılan kalıpların ekonomik bir servis ömrü vardır. Bu süre sonunda kalıbın hasara uğraması beklenir. Dövme işleminde kullanılan kalıpların servis ömürleri büyük oranda aşınma, yorulma kırılması ve kalıcı şekil değişimleri gibi nedenlere bağlıdır. Kalıbın servis ömrü dolmadan hasar oluşması üretim sürecini her bakımdan sıkıntıya sokar. Kalıp hasarının zamanında tespiti ekonomik kayıpları önlemek açısından büyük önem taşır. Böyle bir durumla karşılaşmamak için işletmelerde kalıpların hasar analizleri yapılarak istenmeyen durumların tekrarlanmaması ve gerekli tedbirlerin önceden alınması sağlanmalıdır. Bu çalışma içerisinde ele alınan konuların ve kullanılan görsellerin amacı da belirtilen kayıpları azaltmaya yöneliktir. Sıcak iş takım çeliklerinde oluşan hasar mekanizmaları; çeliğin üretim aşamasında, kalıbın işlenmesi aşamasında ve kalıbın çalışması aşamasında meydana gelebilir. Bu çalışmada, işletmelerde en fazla hasara sebep olarak da bilinen kalıbın çalışma şartlarında oluşan hasar mekanizmaları ele alınmıştır. Bu amaçla, Aran Sıcak Dövme San. Ltd. Şti. tarafından kullanılan farklı sıcak iş takım çeliği kalıplarının hasar analiz çalışmaları yapılmıştır. Servis ömrünü tamamlamış farklı parçaların üretiminde kullanılan kalıplarda oluşan hasarlar görsel muayene yoluyla incelenmiştir. Çözüm önerileri, hasarların detaylı görüntülerini ve buna uygun açıklamalarını içermektedir. Elde edilen veriler değerlendirilerek her bir sıcak dövme kalıbı için hasarın cinsi, sebebi ve mekanizması tespit edilmeye çalışılmıştır. Buna göre tespit edilen hasarların sebebi; aşınma, ısıl yorulma, yapışma, korozyon ve plastik deformasyonun sebep olduğu bükülme ve distorsiyon olarak belirlenmiştir. İncelenen tüm kalıplarda hasar mekanizmalarının birden fazla olduğu ve birbiriyle etkileşim içinde olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hasar analizi, Sıcak dövme, Takım çeliği, Görsel muayene.

### Investigation of the failure mechanisms of various hot forging dies

#### Abstract

Dies used in hot forging process have an economical service life. After this period, the die is expected to be damaged. The service life of the dies used in the forging process depends largely on reasons such as wear, fatigue fracture and plastic deformation, etc. Formation of damage to the die before the service life of the die expires puts the production process in trouble. Timely detection of die damage is crucial to prevent economic losses. In order to avoid such a situation, damage analysis of the dies must be done in the enterprises and necessary precaution must be taken in advance. The purpose of the topics and visuals used in this study is to reduce the specified losses. Damage mechanisms in hot work tool steels; it can occur during the production stage of the steel, the processing stage of the die and the working stage of the die. In this study, the mechanisms of damage that occur during the working phase of the die, which causes the most damage in the enterprises, was investigated. For this purpose, damage analysis studies of different hot work tool steel dies used by Aran Hot Forging Industry and Trade Ltd. Company were carried out. Damages in dies that have completed their service life have been examined by visual inspection method. Solution suggestions include detailed views of the damage and corresponding explanations. The data obtained were evaluated and the type, cause and mechanism of the damage were tried to be determined for each hot forging die. Accordingly, the cause of the damage detected; bending and distortion caused by wear, thermal fatigue, adhesion, corrosion and plastic deformation. It was determined that the damage mechanisms were more than one and interacted with each other in all the dies examined.

**Keywords:** Failure analysis, Hot forging, Tool steel, Visual inspection.

## GİRİŞ

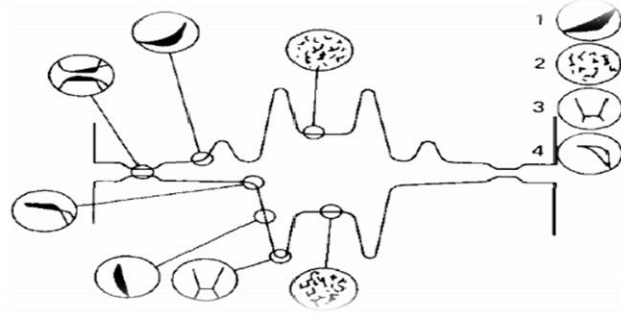
Dövme işlemi, darbe veya basınç altında kontrollü bir plastik deformasyon sağlanarak, metale istenen şekli verme, tane boyutunu küçültme ve mekanik özelliklerini iyileştirme amacıyla uygulanan bir plastik şekil verme yöntemidir (Abachi, 2004). Dövme işlemlerinin çoğu sıcak olarak yapılır. Yüksek sıcaklıklarda hem malzemenin şekil değiştirme kabiliyeti daha yüksektir, hem de metalin plastik deformasyon direncinin düşük olması nedeniyle işi gerçekleştirmek için uygulanan kuvvet daha küçük olmaktadır. Günümüzde üretimde; daha ekonomik, hatasız ve kaliteli bir süreç sanayinin gelişmesi ve ayakta durabilmesi için oldukça önemlidir. Sıcak dövme işleminde hatasız parça üretebilmek için oluşabilecek hataları önleyici tedbirler almak gerekir. Sıcak dövme işlemlerinde kullanılacak kalıp malzemesinin sahip olması gereken özellikler; homojen sertleşebilme kabiliyeti, aşınmaya karşı dayanım, dayanımını yüksek sıcaklıklarda sürdürmesi, yüksek tokluk, ısı gerilmelerden kaynaklanan yorulmaya karşı yüksek dayanıklılık, mekanik yorulma özelliklerinin yüksek olmasıdır (Abachi ve diğ., 2010; Ebara ve Kubota, 1986). Bu kadar özelliği bir arada barındırmasına rağmen, sıcak dövme işleminde kullanılan kalıpların ekonomik bir servis ömrü vardır. Dövme işleminde kullanılan kalıpların servis ömürleri büyük oranda aşınma direnci, yorulma kırılması ve kalıcı şekil değişimi gibi nedenlere bağlıdır (Yiğitarıslan, 2009).

Kalıbın servis ömrü dolmadan hasar oluşması üretim sürecini olumsuz etkiler. Böyle bir durumla karşılaşmamak için işletmelerde kalıpların hasar analizleri yapılarak istenmeyen durumların tekrarlanmaması ve gerekli tedbirlerin önceden alınması sağlanmalıdır. Hasar analizi, mühendislik uygulamalarında kullanılan parçaların hasara uğraması sonrası, hasar nedeninin bulunması ve ileride aynı sorun ile karşılaşmamak için gereken önlemlerin alınması süreçlerini kapsar (Ebara ve Kubota, 1986). Hasar analizi, hasar mekanizmasını ve kök nedeni belirlemek için yapılan kapsamlı incelemedir. Ürünün ideal durumu ile mevcut durumu arasındaki farkları gösterir. Bu yöntemde, birçok faktör göz önüne alınarak iyileştirici çözümler geliştirilir. Kök neden analizi, veri toplama ve analiz etmeyi, iyileştirici ve/veya önleyici aksiyonlar almayı, veriyi sunmayı ve pratik öneriler oluşturmayı içerir (Kayalı ve diğ. 1997). Analizi sonucunda, hasarın nedeninin belirlenmesi, ileride aynı tür hataların oluşmasını engelleyerek, ekonomik kayıpların büyük ölçüde engellenmiş kaliteli üretime olanak verir. Sıcak iş takım çeliklerinde oluşan hasar mekanizmaları; çeliğin üretim aşamasında, kalıbın işlenmesi aşamasında ve kalıbın çalışması aşamasında meydana gelebilir (Bayramoğlu, 2008). Bu çalışmada, işletmelerde en fazla hasara sebep olarak da bilinen kalıbın çalışma şartlarında oluşan hasar mekanizmaları ele alınmıştır. Çalışma şartlarında oluşan hasar mekanizmaları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kalıbın çalışma aşamasında oluşan hasar mekanizmaları (Zhu ve diğ., 2002)

Gevrek kırılma	—	KIRILMA
Stnek kırılma	—	
Uzun ömürlü yorulma	—	YORULMA
Kısa ömürlü yorulma	—	
Sürtünme	—	SÜRÜNME
Bukülme veya distorsiyon	—	ŞEKİL DEĞİŞİMİ (DEFORMASYON)
Plastik deformasyon	—	
Korozyon	—	KOROZYON +GERİLME
Gerilmeli korozyon	—	
Korozyonlu yorulma	—	
Aşınma	—	AŞINMA

Hasar mekanizmaları birbiriyle etkileşim içindedir. Hasar analizi sırasında, hasarlı parçada birden fazla hasar mekanizmasına rastlamak mümkündür. Bu nedenle yükleme şekli, gerilme şekli çalışma sıcaklığı, çalışma ortamı ve çalışma süresi analiz sırasında önemli parametrelerdir. Sıcak dövmede kalıplar, şekil değiştirme esnasında yüksek ısı ve mekanik gerilmelere maruz kalırlar. Bu gerilmeler nedeniyle kalıplar aşınma ve termomekanik yorulma sonucu hasara uğrarlar (Zhu ve diğ., 2002; Civelekoğlu, 2003). Sıcak dövme kalıplarında meydana gelmesi muhtemel olan hasar mekanizmalarının şematik gösterimi Şekil 1’de verilmektedir.



**Şekil 1.** Sıcak dövme kalıplarında oluşabilecek hasar mekanizmaları (Zhu ve diğ., 2002)  
1) aşınma 2) termal yorulma 3) mekanik yorulma 4) plastik deformasyon

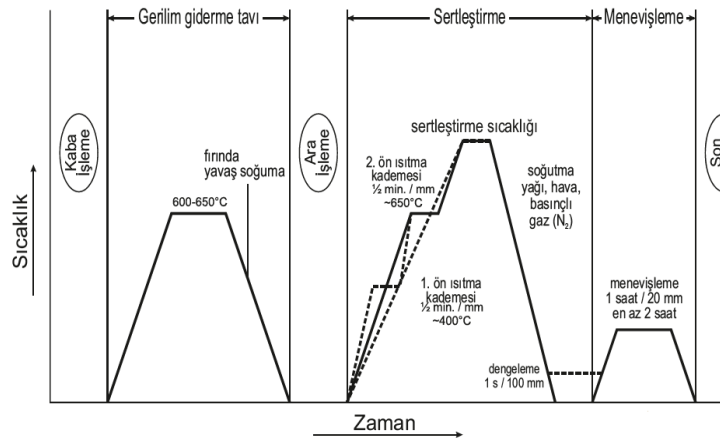
Hatanın nedeninin bulunması ve çözümlenmesi, ileride yapılacak tasarımların daha az hata içermesine, daha uzun süre hizmet verebilecek parçaların tasarlanmasına ve parçaların çalışma koşullarının iyileştirilmesine imkân verecektir. Endüstride Sıcak Dövme işlemi ile üretilen parçalar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Buna rağmen endüstride bu konu ile ilgili yazılı doküman çok az sayıdadır. Bu çalışmada farklı parçaların üretiminde kullanılan, servis ömrünü tamamlamış 1.2714 sıcak iş takım çeliği kalıplarında oluşan hasarlar görsel muayene yoluyla incelenmiştir.

## HASAR ANALİZİ YAPILAN SICAK DÖVME KALIPLARI

Bu çalışmada servis ömrünü tamamlamış farklı parçaların üretiminde kullanılan sıcak dövme kalıplar; Aran Sıcak Dövme San. Tic. Ltd. Şti. tarafından temin edilmiştir. Kalıp malzemesi iyi bir ısı iletkenliğe ve termal şok direncine sahip olan CrMoV alaşımli DIN 1.2714 (55NiCrMoV7) sıcak iş takım çeliğidir. Orta ve büyük ölçekli dövme kalıplarında standart malzemedir. DIN 1.2714 sıcak iş takım çeliğinin kimyasal bileşimi Tablo 2’de, kalıba uygulanan ısıl işlem basamakları Şekil 2’de verilmektedir.

**Tablo 2.** 1.2714 çeliğin kimyasal analizi

C	Cr	Mo	Ni	V
0,55	1,10	0,50	1,70	0,10



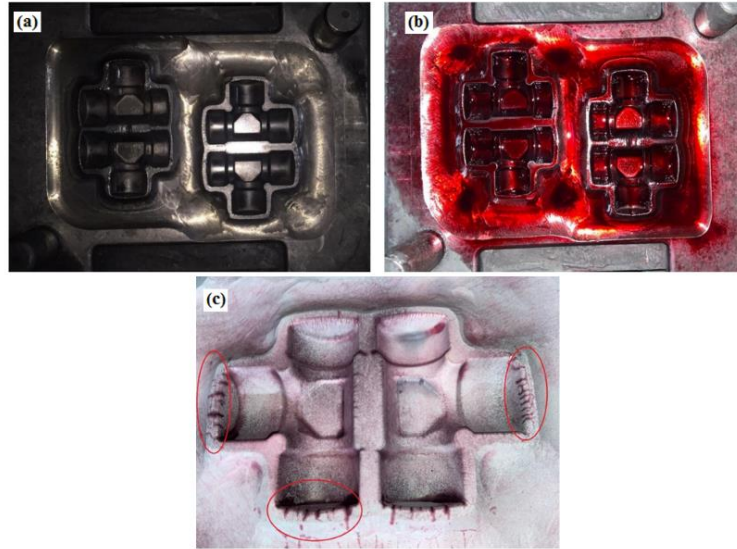
**Şekil 2.** 1.2714 sıcak iş kalıbının ısıl işlem basamakları

Sıcak dövme kalıplar hem malzemelerinin hem de uygulanan ısıl işlem süreçlerinin maliyetli olmasından dolayı, yüzeyindeki süreksizlikler, yapısal bozukluklar, yüzey durumu gibi kaliteyi etkileyen parametrelerin optik bir yardımcı kullanarak veya kullanmaksızın muayene edilmesi gerekmektedir. Bu sektörde gözle muayene genellikle bir başka tahribatsız muayene metodunun uygulanmasından önce yapılması gereken bir çalışmadır. Tahribatsız muayene yöntemleri için hazırlanmış uygulama standartlarının çoğunda da öncelikle gözle muayene yapılması ve bulguların kaydedilmesi istenir. Bu çalışmada da servis ömrünü tamamlamış

farklı parçaların üretiminde kullanılan kalıplarda oluşan hasarlar görsel muayene yoluyla incelenmiştir. Ayrıca bazı kalıplarda tahribatsız muayene yöntemlerinden biri olan penetrant muayene yöntemi de kullanılmıştır. Bu yöntem için; kalıp yüzeyinde ön temizlik, penetrantın uygulanması, penetrasyon için bekleme, ara temizlik, geliştirme, inceleme, değerlendirme ve rapor hazırlama ve son temizlik aşamaları uygulanmıştır. Çözüm önerileri, hasarların detaylı görüntülerini ve buna uygun açıklamalarını içermektedir. Elde edilen veriler değerlendirilerek her bir sıcak dövme kalıbı için hasarın cinsi, sebebi ve mekanizması tespit edilmeye çalışılmıştır.

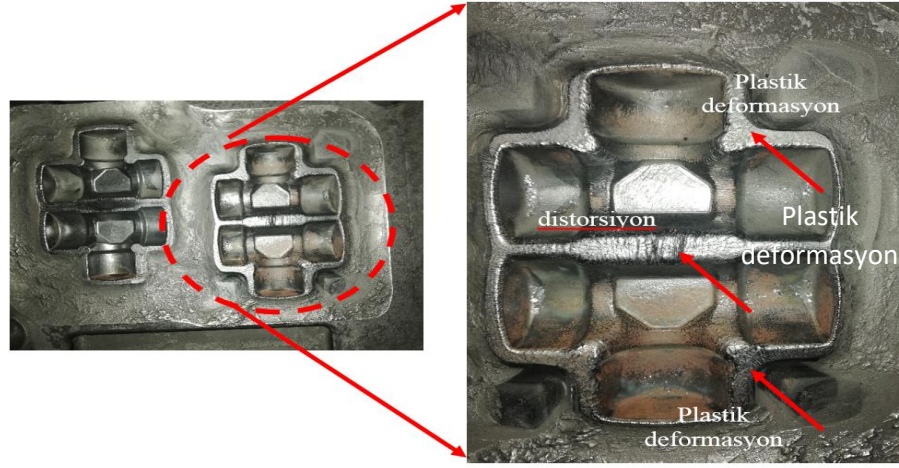
## HASAR ANALİZİ VE DEĞERLENDİRMESİ

Servis ömrünü tamamlamış farklı hasar mekanizmaları gösteren sıcak iş kalıplarının fotoğrafları Şekil 3-10'de gösterilmiştir. Şekil 3'de penetrant muayene yöntemi ile hasar analizi yapılan bağlantı kolu dövme amacıyla kullanılan sıcak dövme kalıbının fotoğrafları farklı süreçlerde verilmiştir. Geliştiricinin kalıp yüzeyine uygulanması sonrası ortaya çıkan termal yorulma sonucu oluşan kılcal çatlaklar net olarak görülmektedir. Kalıbın çapak bölgesindeki ısıl yorulma çatlaklarının oluştuğu şekilden görülmektedir. Uygulamada kullanılan pek çok makine parçası ve yapı elemanı tekrarlı yüklere ve titreşimlere maruz kalmaktadır. Bu koşullar altında çalışan metalik malzemeden yapılmış parçalarda, gerilmeler malzemenin statik mukavemetinden küçük olsa dahi belirli bir çevrim sayısından sonra yüzeyde bir çatlama ve bunu takip eden kopma olayı meydana gelir. Meydana gelen bu olay yorulma olarak adlandırılır (Bayramoğlu ve diğ., 2008; Gronostajski ve diğ., 2016). Sıcak iş takım çelikleri kullanım alanları gereği yoğun oranda sürtünme, darbe, mekanik ve termal yüklemelere maruz kalan çeliklerdir. Özellikle yüksek basınçlı kalıp döküm uygulamalarında ısıl yorulma hasarı kalıp ömrünü sınırlandıran en önemli faktördür. Sıcak dövme kalıplarında ısıl yorulmaya bağlı hasar, iş parçası ile kalıp yüzeyinin en uzun süre temas ettiği bölgelerde görülür. Proses esnasında kalıp yüzeyinde, sıcak iş parçasının temasıyla sıcaklığı artan, akabinde yağlama ile soğuyan bir ısınma-soğuma döngüsü gerçekleşmektedir. Eğer kalıpta bu gibi sürekli sıcaklık değişimi sebebi ile çatlama oluşursa bu duruma ısıl yorulma denir. Kalıp yüzeyinden ince çatlak ağları, kalıbın ısıl yorulmaya maruz kaldığının bir göstergesidir (Barrau ve diğ., 2003).



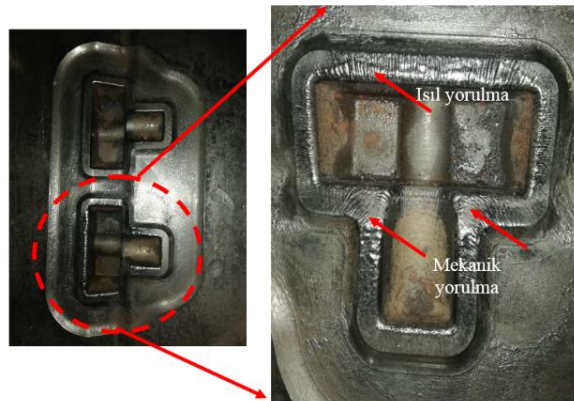
**Şekil 3.** (a) Sıvı penetrant kontrolünden önce yüzeyi temizlenmiş kalıp, (b) penetrant sıvısının yüzey süreksizliklerine nüfuz etmesi ve (c) geliştiricinin kalıp yüzeyine uygulanması ve süreksizliklerin ortaya çıkması

Şekil 4'de sıcak şekil değişimi sonrası plastik deformasyon ve distorsiyon oluşumu görülmektedir. Plastik deformasyon daha çok keskin köşelerde ve uzun çıkıntılarda görülür. Çünkü dövme kalıplarındaki keskin köşeler ve uzun çıkıntılar gibi ince geometriler plastik olarak şekil değiştirmeye ve hasar göremeye en yatkın alanlardır. Plastik deformasyonu en çok etkileyen parametreler dövme sıcaklığı, dövme parçasının büyüklüğü ve geometrisi, dövme çevrim süreleridir (Panesar ve Batish, 2008)



Şekil 4. Sıcak dövme kalıbında plastik deformasyon ve distorsiyon oluşumu

Şekil 5’de sıcak şekil değişimi sonrası ısıl (termal) ve mekanik yorulmaların oluşumu görülmektedir. Şekil 6 ve 7’de ise termal yorulma sonrası oluşan çatlaklar görülmektedir. Sıcak kalıp yüzeylerinde termal ve mekanik yorulma ve aşınma hasar tiplerine sıklıkla rastlanmaktadır. Aşınma direnci, sıcak dövme kalıp çeliğinin önemli özellikleridir ve yorulma dayanımını önemli oranda etkiler. Özellikle ısıl yorulmalar sıcak dövme kalıplarında en çok rastlanan hasar türüdür. Sıcak dövme kalıplarında ısıl yorulmaya bağlı hasar, iş parçası ile kalıp yüzeyinin en uzun süre temas ettiği bölgelerde görülür. Proses esnasında kalıp yüzeyinde, sıcak iş parçasının temasıyla sıcaklığı artan, yağlama ile soğuyan bir ısınma-soğuma döngüsü gerçekleşmektedir. Eğer kalıpta bu gibi sürekli sıcaklık değişimi sebebi ile çatlama oluşursa bu duruma ısıl yorulma denir. Kalıp yüzeyinden ince çatlak ağları, kalıbın ısıl yorulmaya maruz kaldığının bir göstergesidir (Abashi, 2004; Ebare ve Kubota, 1986). Mekanik yorulma hasarında dövme kalıplarında gözlenen bir hasar mekanizması olup tekrar eden mekanik yükler hasarın oluşuma sebep olur. Mekanik yüklemeler sırasında meydana gelen distorsiyonlar çeliğin termal genişleme katsayısına bağlı olarak ısıl ve mekanik yorulma gerilimlerine neden olmakta ve bu gerilimlerin çeliğin ilgili sıcaklıktaki çekme mukavemetinin üzerine çıkması durumundan hasar meydana gelmektedir.



Şekil 5. Sıcak dövme kalıbında ısıl ve mekanik yorulma oluşumu





Şekil 6. Sıcak dövme kalıbında ısıl yorulma sonrası oluşan sıcak çatlaklar



Şekil 7. Sıcak dövme kalıbında ısıl yorulma sonrası çatlak başlangıcı

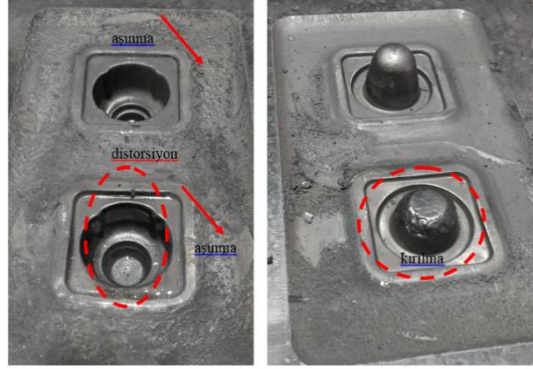
Şekil 8’de sıcak dövme kalıbında kullanım sonrası meydana gelen plastik deformasyon, ısıl yorulma ve aşınma oluşumu görülmektedir. Aşınma hasarı iki malzemenin birbiri üzerinde çalışması esnasında; her iki yüzeyden ya da birinden malzeme kaybının meydana gelmesidir. Kalıbın çıkıntılı kısımlarında ya da birbirine değen kısımlarında metal kayıpları meydana gelmektedir.



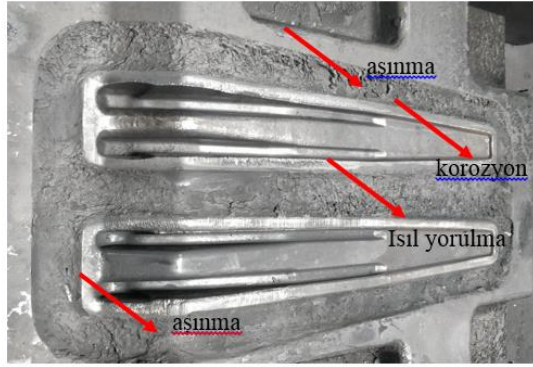
Şekil 8. Sıcak dövme kalıbında plastik deformasyon, ısıl yorulma ve aşınma oluşumu

Şekil 9’da sıcak dövme kalıbında meydana gelen aşınma, distorsiyon ve kırılma oluşumu görülmektedir. Distorsiyon hasarları sürekli kullanılan kalıplarda yüksek sıcaklıkların sonucudur. Aşınmalar ve kırılmalar ise yüksek basıncın sonucudur (Abachi, 2004; Ebara, 1986). Aşınma hasarı iki malzemenin birbiri üzerinde çalışması esnasında; her iki yüzeyden ya da birinden malzeme kaybının meydana gelmesidir. Kalıbın çıkıntılı kısımlarında metal kayıpları meydana gelmektedir. Bu hasarlar yüksek sıcaklıktaki malzemeye şekil vermek

için uygulanan aşırı basıncın etkisiyle erkek ve dişi kalıbın birbirine yüksek şiddette kuvvet uygulaması esnasında meydana gelmiştir. Şekil 10'da sıcak dövme kalıbında meydana gelen aşınma, ısıl yorulma ve korozyon oluşumu görülmektedir. Isıl yorulma hasarları sürekli kullanılan kalıplarda yüksek sıcaklıkların sonucudur. Temel sebebi tekrar eden termal çevrimdir. Korozyon, ergimiş metalin kalıbın yüzeyi ile şiddetli kuvvetin etkisiyle birbirine teması sonucu meydana gelen bir hasar türüdür. Bu hasar türünde kalıbın dizaynı ve sıcaklık en önemli parametrelerdir (Abachi ve diğ. 2010; Ebara, 2010).



Şekil 9. Sıcak dövme kalıbında aşınma, distorsiyon ve kırılma oluşumu



Şekil 10. Sıcak dövme kalıbında aşınma, ısıl yorulma ve korozyon oluşumu

Sıcak dövme işlemlerinde kalıp ömrünü etkileyen faktörler termal yorulma, plastik deformasyon ve aşınmadır. Bunlar arasında termal yorulma, sıcak dövme kalıplarında temel hasar nedenidir. Sıcak dövme kalıplarının ömrü genellikle yüzey çatlaması ve ardından malzeme ayrılmasıyla kısılanır. Sıcak dövme kalıbı arızalarının çoğu ölçü köşesinden başlamıştır. Bu nedenle kalıp tasarımında şekil ve ölçü köşesinin boyutlarının doğru belirlenmesi çok önemlidir (Lavtar ve diğ., 2011; Yiğitarıslan, 2009).

## SONUÇLAR

Çeşitli sıcak dövme kalıplarının hasar analizi sonucu elde edilen genel sonuçlar ve çözüm önerileri:

- Sıcak dövme kalıp hasarı; kalıp malzemesi, kalıp tasarımı, kalıp imalatı ve dövme işlemleri gibi çeşitli değişkenlerden etkilenen bir oluşumdur.
- Sıcak dövme kalıp hasarları; takım çeliği seçimi ve kalitesi; kalıp tasarımı ve imalatı; ısı ve yüzey işlemleri; dövme işlemi parametreleri gibi faktörlere bağlıdır. Bu çalışmada gözlenen kalıp hasarları; aşınma, termal ve mekanik yorulma ve plastik deformasyon, distorsiyon, sıcak çatlak, ısıl çatlaklar ve kırılma olarak belirlenmiştir.
- İnceleme sırasında, kalıp yüzeyindeki girintilerde ve boşluklarda yüksek sıcaklığa maruz kalındığı tespit edilmiştir. Bu durumun işlem sırasında dişi ve erkek kalıbın öpüşme süresinin fazla olması nedeniyle oluştuğu düşünülmektedir. Yüksek sıcaklığa maruz kalınması ısıl yorulma çatlaklarının ve plastik deformasyonun olmasında etkili olup kırılmaya yol açmaktadır.
- Sıcak dövme kalıplarının ömrünü iyileştirmek için, her şeyden önce, nihai dövme sırasında kalıp boşluklarının sapmasını azaltmak amacıyla kalıpların tasarımını olabildiğince iyileştirmek gerekir.

- Uygun sıcaklık, malzeme ve yağlama gibi dövme koşullarının sağlanmasının yanı sıra uygun dövme kalıp tasarımı da dövmede oluşacak kusurların çoğunu engellemek için gerekmektedir.
- Çapak hem ön dövmede hem de son dövmede oluşmakta ve parçanın kalıbı doldurması, kalıp aşınmasını azaltarak ömür artışı sağlaması ve yüksek yüzey kalitesi açısından önem taşımaktadır. Kalıp tasarımında bu özellik dikkate alınmalıdır.
- Hasarlı kalıplar mevcut hatalarına göre; hurda veya tekrar işlem görme aşamalarına tabi tutulurlar. Dövme için yeterli kalınlığa sahipse talaşlı imalat yöntemleri ile yüzeyden silme işlemi yapılarak kalıp tekrar işlenir.

## TEŞEKKÜR

Deneysel çalışmamızda kullanılan kalıpların temininde ve hataların tanımlanmasında yardımcı olan Aran Sıcak Dövme San. Tic. Ltd. Şti. Proses ve Kalite Kontrol Sorumlusu Mustafa DİLSİZ'e teşekkürlerimizi sunarız.

## KAYNAKLAR

- Abachi S 2004. Wear analysis of hot forging dies. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of the Middle East Technical University.
- Abachi S, Akkök M, Gökler Mİ 2010. Wear analysis of hot forging dies. Tribology International, 43(1-2): 467-473.
- Barrau O, Boher C, Gras RB, Rezai-Aria F 2003. Analysis of the friction and wear behaviour of hot work tool steel for forging. Wear, 255(7-12): 1444-1454.
- Bayramoglu M, Polat H, Geren N 2008. Cost and performance evaluation of different surface treated dies for hot forging process. Journal of Materials Processing Technology, 205(1-3): 394-403.
- Civelekoğlu, B 2003. Analysis of forging for three different alloy steels .Doctoral dissertation, Middle East Technical University.
- Ebara R, Kubota K 1986. Failure analysis of hot forging dies. In Steel Forgings. ASTM International.
- Ebara R, Kubota K. 2008. Failure analysis of hot forging dies for automotive components. Engineering Failure Analysis, 15(7): 881-893.
- Ebara R. 2010. Fatigue crack initiation and propagation behavior of forging die steels. International Journal of Fatigue, 32(5): 830-840.
- Gronostajski Z, Kaszuba M, Polak S, Zwierzchowski M, Niechajowicz A, Hawryluk M. 2016. The failure mechanisms of hot forging dies. Materials Science and Engineering: A, 657: 147-160.
- Kayalı E, Eruslu N, Ürgen Taptık MY, Çimenoğlu H 1997. Hasar Analizi Seminer Notları, TMMOB Metalurji Mühendisleri Odası Seminer Notları, İstanbul.
- Lavtar L, Muhič T, Kugler G, Terčelj M 2011. Analysis of the main types of damage on a pair of industrial dies for hot forging car steering mechanisms. Engineering Failure Analysis, 18(4): 1143-1152.
- Panesar SS, Batish AG 2008. Evaluation of Wear Coefficient of Hot Forging Dies in Hammer Forging, Doctoral dissertation.
- Yiğitarıslan E 2009. Sıcak Dövme İşleminde Karşılaşılan Hatalar, Önlenmesi ve Maliyete Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zhu H, Guo J, Jia J 2002. Experimental study and theoretical analysis on die soldering in aluminum die casting, Journal of materials processing technology, 123: 229-235.

## Tornalama işlemlerinde çeşitli kesici takım uçlarının hasar mekanizmaları

Nuray Beköz Üllen (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2705-2559>)

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: nbekoz@istanbul.edu.tr

### Özet

Günümüz endüstrisinde metal esaslı parçalara istenilen son şeklin verilip kullanılabilir hale gelmeleri için uygulanan mekanik işlemlerin tamamı talaş imalatı gerektirmektedir. Bu yüzden talaş kaldırmada kullanılan kesici takımlar gittikçe önem kazanmıştır. Kesici takımlar sektör giderlerinin büyük bir bölümünü oluşturan ve sürekliliği olan gider kalemlerindedir. Talaşlı imalat esnasında kesici takımda meydana gelen kırılma, aşınma ve plastik deformasyon gibi hasarlar takımı kullanılamaz hale getirir. Takım ömrü, işlenen parçanın kalitesini ve maliyetini direk olarak etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenlerden dolayı takım ömrünü etkileyen faktörlerin bilinmesi, gerekli önlemlerin alınması, takım ömrünün tespit edilip uygun takım değiştirme zamanının belirlenmesi gereklidir. Takım ömrünün doğru tespit edilmesi için takım hasar mekanizmalarının bilinmesi gerekmektedir. Literatürde konuyla ilgili yapılan çalışmaların çoğu; takım hasar mekanizmalarının incelenmesiyle takım ömrünü tespit edecek yöntemler geliştirmek üzerinedir. Bu çalışmada; talaşlı imalat sırasında kesici takım ömrünü etkileyen hasar mekanizmaları ele alınmıştır. Bu amaçla, Bor Kesici Takım Mak. San. Tic. Ltd. Şti. tarafından tornalama işleminde kullanılmış metal esaslı, karbür esaslı ve seramik esaslı kesici uçların hasar analiz çalışmaları yapılmıştır. Servis ömrünü tamamlamış farklı parçaların üretiminde kullanılan kesici uçlarda meydana gelen hasarlar taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak incelenmiştir. İncelenen kesici uçlarda, talaş kaldırma sırasında yüksek gerilme ve sıcaklıklara maruz kalarak plastik şekil değişimi ve aşınmalar olduğu tespit edilmiştir. Oluşan aşınmalarda en baskın olan serbest yüzey aşınmasıdır, diğer gözlenen aşınmalar krater aşınması ve çentik aşınmasıdır. İncelediğimiz kesici takımlarda oluşan kırılma gevrek kırılmadır. İncelenen tüm kesici uçlarda hasar mekanizmalarının birden fazla olduğu ve birbiriyle etkileşim içinde olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kesici takım, Hasar analizi, Aşınma, Kırılma.

### The failure mechanisms of various cutting tool insert in turning operations

#### Abstract

In today's industry, all of the mechanical procedures applied for transforming metal-based materials to their final form and make them usable require machining. Thus, cutting tools used in machining gain more and more importance. Cutting tools are one of the expenditure items that have continuity and constitute a great majority of the sector expenses. Damages such as fracture, wear, and plastic deformation that occur during machining in cutting tools make the toolkit unusable. Tool life is a significant factor that directly affects the quality and cost of the machined material. For these reasons, it is required to acknowledge the factors that affect the tool life, to take necessary precautions, and to determine the change over time of the toolkit by recognizing the tool life. Most of the studies in the literature are about the improvement of methods that would determine the tool life by examining the failure mechanisms of toolkits. In this study, the failure mechanisms that affect the tool life during machining were discussed. In accordance with this purpose, failure analyses were conducted on the metal-based, carbide-based, and ceramic-based cutting tools that were used in machining by the Bor Cutting Tools Machine Industry Trade Ltd. Co. The failures that occurred in the cutting tips used in the production of different materials that completed their service life were examined with a scanning electron microscope (SEM). In the examined cutting tips, it was determined that there were plastic strains and wear due to exposure to high levels of voltage and heat during the machining process. The most dominant wear type was flank wear; the other types of observed wear were crater wear and notch wear. It was observed that the type of fracture in the examined cutting tips was brittle fracture. It was determined that there were several failure mechanisms in all of the examined cutting tips and these mechanisms were in interaction with each other.

**Keywords:** Cutting tool, Failure analysis, Wear, Fracture.

## GİRİŞ

Küreselleşen dünyada sektörler arası rekabet günden güne artmakta ve rekabet süreci gittikçe zorlaşmaktadır. Üretici firmaların, faaliyet gösterdikleri endüstri kollarında rekabet edebilmeleri ve konumlarını korumaları mali güçleri ile bağlantılıdır. Günümüz endüstrisinde metalik parçalara nihai şekillerinin verilip kullanılabilir hale gelmeleri için uygulanan mekanik işlemlerin tamamı talaşlı imalat yöntemlerini gerektirmektedir. Son yıllarda talaşlı imalat sektöründe; kesici takım malzemeleri ve takım tezgâhları geliştirilmiş, yüksek hızda üretim teknikleri ve kesici takımlar vasıtası ile tezgâhtaki operasyon süreleri kısaltılmış ve bunların neticesinde üretim artışı meydana gelmiştir. Yaşanan bu gelişmeler sonucunda talaşlı imalat yöntemleri ve talaş kaldırmada kullanılan kesici takımlar önem kazanmıştır. Neredeyse tüm endüstride kullanılan ve daimi bir gider olan "kesici takımlar" firma giderlerinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır (Karagöz, 2012; Ertunç ve Sevim, 2011). Üretim sırasında kesici takımda oluşan kırılma, aşınma, yanlış kullanım ve benzeri gibi durumlarda kesici takımların yenisi ile değiştirilmesi veya takımın bileme yapılarak tekrar kullanılabilir hale getirilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerde, doğrudan maliyeti etkilemektedir. Son derece büyük kapasiteli endüstri kuruluşlarında bu gider kalemi oldukça önemlidir.

Kesici takımın ömrünü iş parçasının istenen tolerans sınırları içinde üretilmesi ve iş parçasının yüzey kalitesinin istenen sınırlar içinde tutulması belirlemektedir. Bahsedilen bu iki kıstası sağlayamayan kesici uçlar kullanım ömrünü tamamlamış olur. Servis ömrünü arttırmak için farklı kesici takım tasarımları yapılmakta ve yeni takım malzemeleri araştırılmaktadır. Bu gelişmelerde başarı sağlamak için, kesici takımda oluşan aşınma mekanizmaları ve sebeplerinin, işleme sırasında oluşan problemlerin bilinmesi ve bunların oluşmasına karşı gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Talaş kaldırma sırasında takım çok yüksek sıcaklık ve gerilmeler altında kalır ve takımda şekil değişimleri oluşur (Lee ve diğ., 1994; Korkut ve Demir, 2008). Bu şekil değişimleri ve aşınma talaş kaldırma işlemini olumsuz yönde etkiler. Kesici takımda meydana gelen bu deformasyonlar; iş parçasının yüzey kalitesini bozarak kaliteyi düşürmekte, takım tezgâhının mil ve yataklarında titreşimlerin artmasına neden olmakta, talaş kaldırmak için gerekli olan enerji miktarını dolayısıyla enerji sarfiyatını ve üretim maliyeti arttırmaktadır. Yaşanan tüm bu olumsuzluklar kesici takım ömrünün azalmasına ve takım maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Takım ömrünü etkileyen unsurların bilinmesi, bu etkilerin minimum düzeye indirilerek kontrol altına alınması, en uygun takım ömrünü ve takım değiştirme zamanı belirlemek açısından önem taşımaktadır (Ceviz, 20015). Takım aşınmasını takip edebilmek için genellikle; direkt ve endirekt olmak üzere iki türlü yöntem kullanılır. Direkt olarak aşınmanın izlenmesi yönteminde talaş kaldırma işlemi durdurularak kesici takım üzerinde meydana gelen aşınmalar çeşitli tekniklerle ölçülür. Endirekt olarak aşınmanın izlenmesi yönteminde ise kesme işlemi durdurulmadan, talaş kaldırma esnasında tespit edilen titreşim, gürültü, güç, kesme kuvveti, iş mili hız değişimi, iş parçası yüzey kalitesi ve boyutlarının değişiminin ölçümü gibi sinyaller takım aşınma durumu ile ilgili bilgiler verir. Bu yöntemde talaş kaldırma işlemi durdurulmadığından direkt yöntemde olduğu gibi bir üretim kaybı söz konusu değildir. Ancak tespit edilen sinyallerin güvenilirlik olasılığı düşük olduğu için, endirekt olarak aşınmanın izlenmesi problemlili olabilir. Takımdaki aşınmanın tüm yönleriyle belirlenmesi için kesme işleminin durdurularak kesici insert üzerinde oluşan aşınmanın çeşitli fiziksel ölçüm yöntemleri ile tespit edilmesi gerekmektedir (Byrne ve diğ., 2003; Ceviz , 2015). Bu çalışmada kullanılan kesici takım aşınmaları direkt olarak izlenmiş ve bu amaçla elektron mikroskobu kullanılmıştır.

Talaşlı imalat esnasında kesici takımda meydana gelen ısı ve mekanik yorulma, kırılma, aşınma ve plastik deformasyon gibi hasarlar takımı kullanılamaz hale getirir. Takım ömrü, işlenen parçanın kalitesini ve maliyetini direkt olarak etkileyen önemli bir faktördür. Bu nedenlerden dolayı takım ömrünü etkileyen faktörlerin bilinmesi, gerekli önlemlerin alınması, takım ömrünün tespit edilip uygun takım değiştirme zamanının belirlenmesi gereklidir. Takım ömrünün doğru tespit edilmesi için takım hasar mekanizmalarının bilinmesi gerekmektedir. Gerek talaşlı imalat yöntemlerinin çeşitliliği ve talaş kaldırma şartlarındaki değişim, gerekse talaşlı imalatta kullanılan takımların çok farklı geometrilere sahip olması ve değişik malzemeden üretilmesi nedeniyle literatürde bu konuda yapılan çalışmalar büyük çeşitlilik arz etmektedir (Byrne ve diğ. 2003, Jung, 2002; Özçatalbaş, 2002). Bu çalışmalar; takım aşınmaları üzerine oluşturulan diyagramlar, aşınma mekanizmaları, aşınma tipleri ve bunların işlenebilirliğe etkisi gibi birçok açıdan çok yönlü ele alınmıştır (Hosseini ve Kishawy, 2014; Liu ve Makis, 1996; Mills, 1996, Takatsu, 1990). Bu çalışma da yapılan çalışmalara destek niteliğinde olup; talaşlı imalat sırasında kesici takım ömrünü etkileyen hasar mekanizmaları ele alınmıştır.

## HASAR ANALİZİ YAPILAN KESİCİ UÇLAR

Kesici takımlarda karşılaşılan hasarların çok sayıda ve çeşitlilikte olması nedeniyle, burada en yaygın karşılaşılan hasar mekanizmaları ele alınmıştır. Bu çalışmada; Bor Kesici Takım Makine San. ve Tic. Ltd. Şti. tarafından tornalama işleminde kullanılan servis ömrünü tamamlamış çeşitli hasar mekanizmalarına sahip kesici uçlar kullanılmıştır. Tablo 1’de kesici takımların kodları ve özellikleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Çalışmada kullanılan kesici uçların kodları ve özellikleri

Kesici uç kodu	Özellikleri
CCMT 060204	Malzeme: WC Kaplama: PVD TiAlN
DCMT 070204	Malzeme: WC Kaplama: PVD TiAlN
ADKT 160650	Malzeme: WC Kaplama: PVD TiAlN
CCMT 09T302	Malzeme: WC Kaplama: PVD TiAlN
APFT 160448R	Malzeme: WC Kaplama: CVD TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiN
VCMT 160408	Malzeme: WC Kaplama: CVD TiCN+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiN

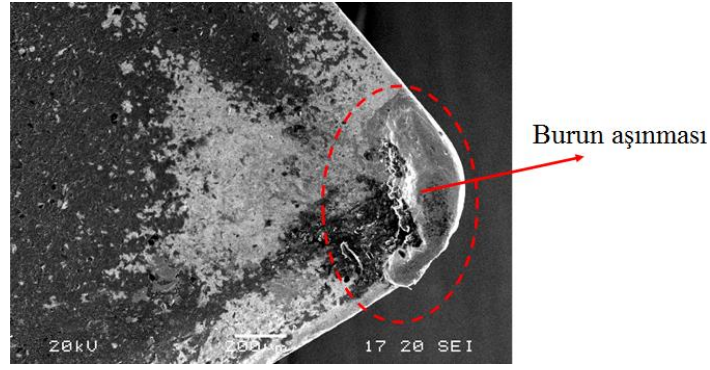
Kesici takımın ömrünü iş parçasının yüzey kalitesinin istenen toleranslar içinde tutulması belirlemektedir. İncelediğimiz servis ömrünü tamamlamış kesici uçlarda bu kriter baz alındı. Kesici uçların aşınan yüzeylerinin görüntü analizleri; Jeol JSM-5600 Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) ile farklı büyütme oranlarında yapılmıştır. SEM görüntüleri üzerinde aşınma tipleri açıklanmıştır. Uçların aşınan kısımlarını daha iyi görüntülemek için uçlar numune tutuculara yatay bir konumda çift taraflı karbon bant yardımıyla yerleştirilmiştir. Numune tutuculara yerleştirilen kesici uçların fotoğrafları Şekil 1’de görülmektedir.



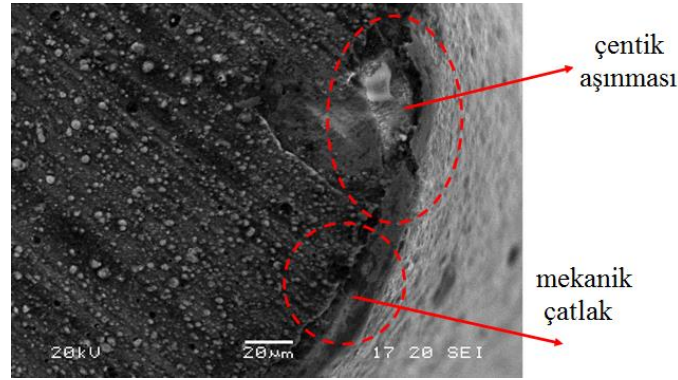
**Şekil 1.** SEM’de analiz etmek için hazırlanan kesici uçlar

## HASAR ANALİZİ VE DEĞERLENDİRMESİ

Kesici takım hasarı ile ilgili yapılan çalışmalarda; takım aşınması üç şekilde ele alınmıştır: kırılma hasarı, sıcaklık hasarı ve zamana bağlı aşınma (Jung ve diğ., 2002). Şekil 2-7’de çeşitli metal tornalama işlemlerinde kullanılmış ve servis ömrünü tamamlamış farklı parçaların üretiminde kullanılan kesici uçların hasar mekanizmalarını içeren SEM görüntüleri verilmektedir. İncelenen tüm kesici uçlarda hasar mekanizmaları birden fazla olduğu ve birbiriyle etkileşim içinde olduğu için bahsedilen aşınmaların çoğu gözlenmiştir. Şekil 2’de verilen SEM görüntüsü üzerinde burun aşınması oluşumu tespit edilmiştir. Oluşan bu hasar mekanizması abrazyon ile korozyon ya da oksidasyon nedeniyle oluşur. Oluşan hasar mekanizmasını azaltmak veya engellemek için burun çapını arttırmak ve ilerleme hızını azaltmak gibi yöntemler kullanılabilir (Soderberg ve Hogmark, 1986). Şekil 3’de kesici uça çentik aşınması ve mekanik çatlaklar olduğu gözlemlenmiştir. Çentik aşınmasına sebep olan etkenler takım ile atmosfer arasındaki kimyasal reaksiyon veya korozyon nedeniyle oluşan oksidasyondur. Talaş derinliği çizgisindeki kesici ucun, hem talaş yüzeyinde hem de serbest yüzeyinde aşırı derecede bölgesel hasarla belirlenen bir aşınma tipidir. Bu aşınma tipine, talaşların basınç ile kaynaması veya deformasyon sertleşmesine maruz kalmış bir yüzeyde neden olabilir (Lee ve diğ., 1994). Mekanik çatlaklara değişken mekanik yükler sebep olur. Çentik aşınmasını engellemek veya azaltmak için kesme hızını azaltmak, kaplamayı değiştirmek gibi yöntemler kullanılabilir. Mekanik çatlakları engellemek için ise tokluğu yüksek takım kullanmak gerekmektedir (Soderberg ve Hogmark, 1986).

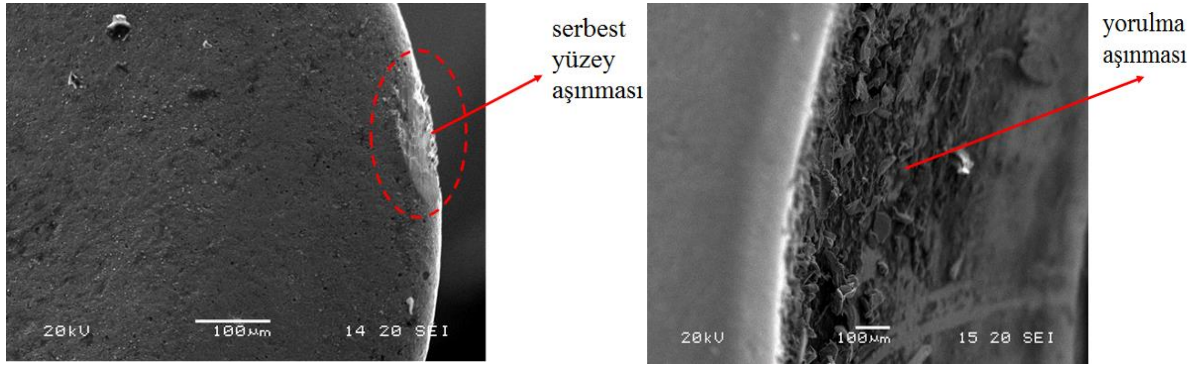


Şekil 2. CCMT 060204 kodlu kesici ucun SEM görüntüsü ve hasar mekanizmaları

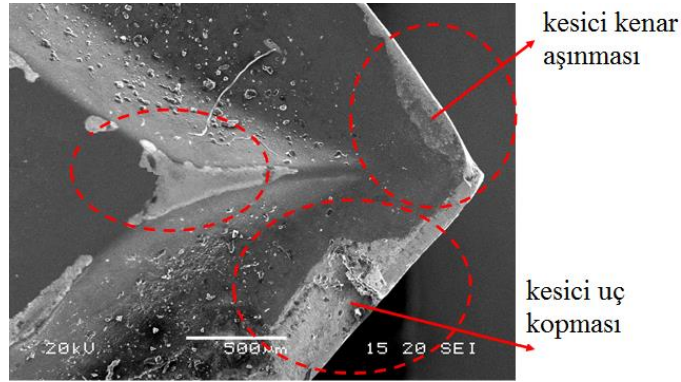


Şekil 3. DCMT 070204 kodlu kesici ucun SEM görüntüsü ve hasar mekanizmaları

Şekil 4’de kesici uçta serbest yüzey aşınması ve yorulma aşınması olduğu gözlemlenmiştir. Serbest yüzey aşınması, aşınmanın en yaygın tipidir ve aynı zamanda öngörülebilir ve istikrarlı takım ömrü sağladığından tercih edilen aşınma tipidir. Serbest yüzey aşınması, iş parçası malzemesindeki sert bileşenlerin neden olduğu aşınmaya bağlı olarak oluşur. Abrasyon, ısıl yumuşama ya da düşük hızlarda çalışma nedeniyle de oluşur. Serbest yüzey aşınma bölgesi genellikle homojen genişliktedir ve kenara yakın bölgede oluşur. Oluşan hasar mekanizmasını azaltmak veya engellemek için ilerleme hızını arttırmak ve burun yarıçapını arttırmak gibi yöntemler kullanılabilir (Jung ve diğ., 2002; Ertunç, 2011). Yorulma aşınması ısıl-mekanik bir bileşimin sonucudur. Sıcaklıktaki dalgalanmalar ve takıma etkileyen kesme kuvvetlerinin değişmesi, kesici kenarın çatlamasına ve kırılmasına yol açar (Lee ve diğ., 1994). Yorulma aşınmasını engellemek ya da azaltmak için takımın hızlarını azaltmak ve kaplama malzemesini değiştirmek gibi yöntemler kullanılabilir (Ertunç, 2011). Şekil 5’de verilen SEM görüntüsü üzerinde kesici uçta kenar aşınması ve kopma olduğu görülmektedir. Aşınma hasar mekanizması genellikle abrazyon ile korozyon ya da oksidasyon nedeniyle oluşur. Kesici ucun kopması veya kırılma, mekanik gerilim baskılarının aşırı yüklenmesinin bir sonucudur. Bu gerilimler, talaş vurması, çok yüksek olan bir talaş derinliği veya ilerleme, iş parçası malzemesindeki kum kalıntıları, talaş yığılması, titreşimler ya da kesici uç üzerindeki aşırı aşınma gibi bir dizi sebebe bağlı olabilir. Oluşan hasar mekanizmasını azaltmak için ilerleme hızı azaltılabilir (Lee ve diğ., 1994; Soderberg ve Hogmark, 1986). Literatürde yapılan birçok çalışmada; iş parçası malzemesinin sertliğinin değişmesi, kesici takım malzemesindeki mekanik ve ısıl değişkenlik, uç geometrisi ve hazırlama şekli, takım tutucusu ve iş parçası bağlantısı ve titreşimler, iş parçası yüzey karakteristiklerinin değişimi, kullanılan soğutma sıvısının kimyasal etkisi, kesme parametreleri takım ömrünü doğrudan etkilemektedir (Takatsu, 1990; Özdemir ve Erten, 2003; Ertunç, 2011; Jung ve diğ., 2002; Karagöz, 2012; Lee ve diğ., 1994).

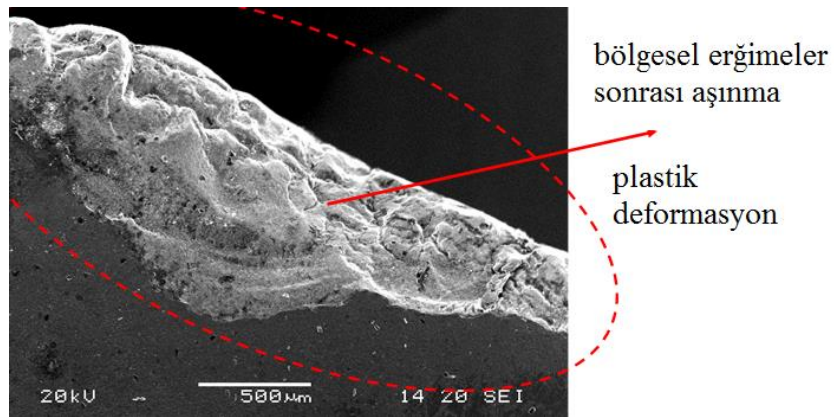


Şekil 4. ADKT 160650 kodlu kesici ucun SEM görüntüsü ve hasar mekanizmaları



Şekil 5. CCMT 09T302 kodlu kesici ucun SEM görüntüsü ve hasar mekanizmaları

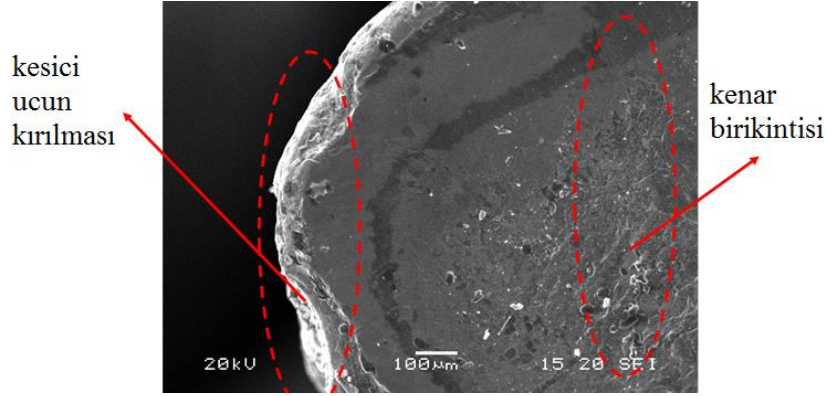
Şekil 6'da kesici uçta bölgesel ergimeler sonrası aşınma ve plastik deformasyon oluşumu görülmüştür. Isıl plastik deformasyon, kesme sıcaklığı kullanılan kesici uç için çok yüksek olduğunda meydana gelir. Genel olarak, daha sert kaliteler ve daha kalın kaplamalar plastik deformasyon aşınmasına karşı olan direnci geliştirir. (Byrne ve diğ., 2003). Takım ile talaş arasındaki temas alanı üzerinde kesme basınçları takım tarafından desteklenemediğinde, kesme kenarlarında plastik deformasyon oluşur. Kesme kenarlarının deformasyonu genellikle yüksek kesme kenar takım sertliğinin azaldığı yüksek kesme hızlarında oluşur. Bu tip hasarı önlemek için genel stratejiler; kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijit takım tutucular kullanılması ve kırılma tokluğu artırılmış takımlar kullanılması şeklindedir (Lee ve diğ., 1994; Soderberg ve Hogmark, 1986).



Şekil 6. APFT 160448R-MBT25M kodlu kesici ucun SEM görüntüsü ve hasar mekanizmaları



Şekil 7’de kesici uçta meydana gelen hasar mekanizmaları kesici ucun kırılması ve kenar birikintisi olarak görülmektedir. Kesici ucun kırılma hasarını önlemek için genel stratejiler; kesme kuvvetlerinin azaltılması, sağlam ve daha rijit takım tertibatlarının kullanılması ve kırılma tokluğu arttırılmış takımlar kullanılması şeklindedir. Kenar birikintisi yumuşak malzemelerin düşük hızlarda işlenmesi durumunda oluşur. Oluşan hasar mekanizmasını engellemek için ilerleme hızı artırılabilir (Jung ve diğ., 2002; Karagöz, 2012).



Şekil 7. VCMT 160408 kodlu kesici ucun SEM görüntüsü ve hasar mekanizmaları

Tablo 2’de, çalışmamızda inceleme sonucu belirlenen kesici takım aşınma mekanizmaları, aşınma karakteristiği ve aşınmaya sebep olan etkenlerin ortadan kaldırılması kısa özetlenmiştir.

Tablo 2. Çalışmada karşılaşılan hasar mekanizmalarının oluşumunu önlemek için öneriler

Aşınma tipi	Aşınma mekanizması	Aşınma karakteristiği	Önlem
Burun aşınması	Abrazyon/ korozyon (oksidasyon)	Kaba, düzgün olmayan aşınma	İlerleme hızını azaltmak ve burun yarıçapını arttırmak
Çentik aşınması	Kimyasal reaksiyon/korozyon (oksidasyon)	Serbest yüzeylerde renk değişimi	Kesme hızını azaltmak, kaplamayı değiştirmek
Mekanik çatlak	Değişken mekanik yükler	Kenara dik veya paralel	Tok takım kullanmak
Serbest yüzey aşınması	Abrazyon /ısıl yorulma/düşük hızlarda çalışma	Düzgün aşınma dağılımı, kalitesiz parça yüzeyi, deforme olmuş kenarlar	İlerleme hızını arttırmak, burun yarıçapını arttırmak
Yorulma aşınması	Abrazyon/osidasyon	Renk değişimi, kalitesiz parça yüzeyi	Takım hızını azaltmak, kaplama malzemesini değiştirmek
Kenar birikintisi	Yumuşak malzemelerin düşük hızlarda işlenmesi	Kalitesiz parça yüzeyi	İlerleme hızını arttırmak
Uç kırılması	Difüzyon/aşınma/abrazyon	Çok hızlı aşınma, kalitesiz parça yüzeyi	Kesme kuvvetlerinin azaltılması, kırılma tokluğu iyi takım kullanımı
Çentik aşınması	Kimyasal reaksiyon/ korozyon (oksidasyon)	Serbest yüzeyde renk değişimi	Değişik kesme derinliklerinde talaş kaldırma, uç açısı ver kaplamasının değişimi

## TEŞEKKÜR

Deneysel çalışmada kullanılan parçaların temin edilmesi Bor Kesici Takım Mak. San. Tic. Ltd. Şti. tarafından sağlanmıştır. Bu konudaki desteklerinden dolayı firma çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

## KAYNAKLAR

- Byrne G, Dornfeld D, Denkena B 2003. Advancing cutting technology. CIRP Annals, 52(2): 483-507.
- Ceviz M 2015. Kesici takım, kesme hızı ve malzeme cinsinin yüzey pürüzlülüğüne etkilerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ertunç HM, Sevim İ 2011. Kesici takımların aşınmasını gözleme üzerine yapılan çalışmalar. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7(1): 55-62.
- Hosseini A, Kishawy HA 2014. Cutting tool materials and tool wear. In Machining of titanium alloys. Berlin: Springer, pp. 31-56.
- Jung I, Lubich V, Wieland HJ 2002. Tool failure—causes and prevention. In 6th International tooling conference, Sweden. 1343-1362
- Karagöz İ 2012. Kesici takım malzemesi seçiminin kesici takım kaynaklı hatalar üzerindeki etkisinin incelenmesi. Kalıp Dünyası Dergisi, 76: 118-123.
- Korkut İ, Demir H 2008. Tornalama işlemlerinde kesici takım ömrünün iyileştirilmesine yönelik alternatif bir yaklaşım. Teknoloji, 11(2):129-135.
- Lee LC, Lam KY, Liu XD 1994. Characterisation of tool wear and failure. Journal of materials processing technology, 40(1-2): 143-153.
- Liu H, Makis V 1996. Cutting-tool reliability assessment in variable machining conditions. IEEE Transactions on Reliability, 45(4): 573-581.
- Mills B 1996. Recent developments in cutting tool materials. Journal of Materials Processing Technology, 56(1-4): 16-23.
- Özçatalbaş Y 2002. Kesici takım aşınması ve iş malzemesi mekanik özelliklerinin yüzey pürüzlülüğü ve kesme kuvvetlerine etkisi. Politeknik Dergisi, 4:47-52.
- Özdemir U, Erten M 2003. Talaşlı imalat sırasında kesici takımda meydana gelen hasar mekanizmaları ve takım hasarını azaltma yöntemleri. Journal of Aeronautics and Space Technologies, 1(1):37-50.
- Soderberg S, Hogmark S 1986. Wear Mechanisms and Tool Life of High Speed Steels Related to Microstructure. Wear, 110: 315-329,
- Takatsu S 1990. Recent developments in hard cutting tool materials. High Temperature Materials and Processes, 9(2-4): 175-194.

## İnşaat sektöründe işgücü verimliliği

İrem Bayram\*(ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9630-2422>), Selim Baradan (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9172-8552>)

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: irem.bayram@ege.edu.tr

### Özet

İnşaat sektörü işgücünün oldukça ön planda olduğu bir sektördür. İnşaat projelerinde toplam maliyetin büyük bir kısmını işgücü oluşturmaktadır. İnşaat verimliliği genellikle işgücü verimliliği anlamına gelir ve yapım projelerindeki işgücü verimliliğinin artması aktivite sürelerinin kısalmasını, personel maliyelerinin azalmasını, toplam proje süresinin kısalmasını ve buna bağlı olarak sabit proje giderlerinin düşmesini sağlayabilmektedir. Buna rağmen, sektörde işgücü verimliliğine verilen önem oldukça azdır. İnşaat sektöründe işgücü verimliliği ile ilgili yapılmış araştırmalar yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada, literatürdeki işgücü verimliliği ölçümüne yönelik geliştirilmiş yöntemler araştırılarak inşaat sektöründeki uygulanabilirlikleri tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İnşaat sektörü, işgücü verimliliği, emek verimliliği.

### Labor productivity in the construction industry

#### Abstract

The workforce is a crucial component of the construction industry. Labor force constitutes a large part of the total cost in construction projects. Efficiency in construction generally means labor productivity, and the increase in labor productivity on construction projects could lead to shortening of activity times, decrease in personnel costs, shortening of total project duration and consequently a decrease in fixed project costs. Therefore, there is a little emphasis on labor productivity in the sector. Studies on labor productivity in the construction sector literature are insufficient. In this study, the methods developed for the measurement of labor productivity in the literature was investigated and their applicability in the construction sector was discussed.

**Keywords:** Construction industry, labor productivity, productivity.

### GİRİŞ

İnşaat sektörü bir ülkenin ekonomik kalkınmasını destekleyen en önemli sektörlerden biridir. İnşaat sektörü, bir ülke için büyümenin motorudur ve diğer sektörlerle birlikte hizmet ve mal akışı yaratmaktadır (Arditi ve Mochtar, 2000). Dünya genelinde inşaat sektörünün ekonomiye olan katkısı yaklaşık %8-10 oranındadır. İnşaat sektörü genel olarak bir ülkede ekonomik büyümeyi teşvik eder, kitlelere istihdam sağlar ve ekonomi ile diğer endüstriler arasında bir bağlantı görevi görür (Dixit ve ark, 2017a).

İnşaat sektöründe verimlilik, yapının en optimum şekilde tamamlanması amacıyla malzeme, makine-ekipman ve işgücü etkinliğinin düzenlenmesi olarak tanımlanabilir (Kuruoğlu ve Sümer, 2006). İnşaat verimliliğinin artırılması maliyetten tasarruf etmeyi sağlar ve aynı zamanda firmaların gelirlerini artırır. Elde edilen gelirdeki artış, ekonomiye ek bir akış sağlar ve inşaat endüstrisi iş süreçlerinin bir parçası olarak diğer tüm endüstrilerle bir bağlantı oluşturur.

İnşaat sektörü diğer endüstrilere oranla oldukça düşük verimlilik artış oranlarına sahiptir (Allen, 2016; Shinde ve Hedao, 2017). Sektördeki düşük verimliliğin temel sebepleri tekrar yapım, eksik denetleme, proje çizimlerdeki eksiklikler, malzeme eksikliği, işçilerin yeterli bilgi ve donanıma sahip olmaması, yetersiz iletişim ve yetersiz yönetim olarak sıralanmaktadır (Dixit ve ark, 2019). İnşaat projelerinin benzersiz ve kompleks bir yapıya sahip olması sebebiyle performansını iyileştirmek için alınacak önlemler genellikle sıkıntılı süreçler olarak tanımlanmıştır (Arashpour ve ark, 2014). Ancak firmaların bu konudaki farkındalıkları artmakta ve verimliliğin azalmasının nedenlerini belirlemek için çeşitli yatırımlar yapılmaktadır (Dixit ve ark, 2017b).

İnşaatta verimlilik genellikle işgücü verimliliği anlamına gelir ve bu da adam-saat başına yerleştirilen veya üretilen iş birimlerini ifade etmektedir (Shehata ve El-Gohary, 2011). Yapım projelerindeki işgücü verimliliğinin artması aktivite sürelerinin kılmasını, personel maliyelerinin azalmasını ve toplam proje süresini kısaltarak sabit proje giderlerinin de düşmesini sağlayabilmektedir. Bu özellikleri sebebiyle inşaat projelerinde işgücü verimliliği en çok ölçülen verimlilik türlerinden biridir. Bu nedenle işgücü verimliliğinin doğru bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada inşaat sektöründeki işgücü verimliliği ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelenmiş, son yıllarda teknolojinin de kullanımının artmasıyla geliştirilen yeni yaklaşımlara yer verilmiş ve geliştirilen yöntemlerin sektöre uygulanabilirliği tartışılmıştır.

## İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİ

İşgücü verimliliği, bir diğer deyişle emek verimliliği, bir iş kaleminde bir birimlik imalat için bir işçinin saat cinsinden çalıştığı süre olarak tanımlanan adam saat değerleri kullanılarak hesaplanır. Verimlilik bir işçi için ölçülebileceği gibi birden fazla işçi ile gerçekleştirilen bir aktivite için de hesaplanabilir. İşgücü verimliliği emeğin gerçek maliyetini göz ardı eder ve bir çıktı üretmek için gereken saat sayısını dikkate alır (Durdyev, ve ark, 2018). İşgücü verimliliği aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Denklem 1):

$$\text{İşgücü Verimliliği} = \frac{\text{Üretim Miktarı}}{\text{İşgücü Miktarı}} = \frac{\text{birim}}{\text{adam-saat}} \quad (1)$$

İşgücü verimliliğinin analizinde iş analizi tekniklerinden faydalanılmaktadır. İş analizinin birinci unsuru iş ölçümüdür. İş ölçümü "nitelikli bir işçinin, tanımlanmış bir işi, belirlenmiş bir çalışma hızı ile yapabilmesi için gerekli zamanı saptamak amacıyla hazırlanmış tekniklerin uygulanması" olarak tanımlanmıştır (British Standards Institution, 1979). İş ölçümünde amaç yapılması gereken işin yapılış sürecini tespit edip, yönetim kademelerini bilgilendirerek, etkin çalışmayı sağlamak, verimliliği arttırmak, etkin olmayan zamanı saptayarak gereksiz faaliyetlerden kurtulup gerekli faaliyetleri daha ekonomik hale getirmek ve çalışma koşullarını iyileştirmektir.

İş ölçümünden pek çok fayda sağlanmaktadır. İş ölçümü ile üretilen ürünün işçilik maliyeti belirlenmektedir. Takım halinde çalışan işçilerin iş yüklerinin dengelenmesi sağlanabilmektedir. İş ölçümü ile bir işçinin ilgilenebileceği iş sayısını belirlenebilmektedir. İşçiden kaynaklanan zaman kaybının önlenmesi için gerekli veriler iş ölçümü ile sağlanır. İş ölçümü sayesinde, çalışanların performanslarını tespit etmek mümkündür. Kişinin standart üretimi belirlenmiş olduğunda, çalıştığı zaman içindeki performansı da takip edilebilmektedir.

İnşaat sektöründeki imalatlarda; bazı imalatların projeye özgü olması, imalatların gerçekleştiği fiziksel koşulların değişiklik göstermesi, imalatı gerçekleştirmek için kullanılan üretim tekniği, malzeme, ekip, makine-ekipman durumu ve her projenin çalışma süresinin ve şartlarının projeye göre değişmesi gibi sebeplerden dolayı iş ölçümü tekniklerinin uygulanabilirliği fabrikasyon üretime göre daha zordur. Fakat bu zorluklara rağmen bu tekniklerle bulunan adam saat değerleri sektörde maliyet ve planlama unsurları açısından önemlidir. İnşaat sektöründe iş ölçümü tekniklerinden en uygunu doğrudan ölçme (zaman etüdü) ve faaliyet örneklemesidir.

## İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİNE YÖNELİK YAPILMIŞ ÇALIŞMALAR

İnşaat sektöründe işgücü verimliliğini ifade etmek için kullanılan adam saat değerleri, projelerin süre ve maliyetinin belirlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Bu değerlerin belirlenmesi için pek çok çalışma yapılmış, bakanlık ve devlet kurumları tarafından belirlenen değerler ile çalışmalar kıyaslanmıştır. Tat (2000) işgücü ve makine gücü verimliliklerini incelediği çalışmada, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı birim fiyat analizlerinden seçilen 19 farklı iş kalemine ait işçilik-saat ve makine-saat sürelerini kamu ve uygulamadaki sürelerle karşılaştırmıştır. Yapılan değerlendirmede, birim fiyat analizinde öngörülen işçilik süreleri ile uygulamada kullanılan süreler arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıkların teknolojik gelişmeler, insanların eğitim düzeyindeki artış, işçilerin pratikleşmesi gibi nedenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kuruoğlu ve Bayoğlu (2001) 69 adet iş kalemini incelenmiş, Çevre ve Şehircilik Bakanlığının birim fiyat analizleriyle kıyaslamıştır. İncelenen 69 adet iş kaleminin, 54 tanesinin birim fiyat analizlerinde verilen adam saat değerleri firmalarınkinden büyük iken, 15 tanesinde değerler firmaların değerlerinden daha düşük bulunmuştur.

Öcal ve ark. (2005) birim fiyat analizlerinin piyasayı ne ölçüde yansıttığını araştırmıştır. Çalışma kapsamında seçilen iş kalemleri; 150 doz demirsiz beton, demirli BS14 beton, ocak taşı ile blokaj, yatay delikli tuğla ile duvar yapılması, düz yüzeyli betonarme kalıbı, ahşap kalıp iskelesi, ince betonarme demiri, 3 kat yağlı boya

yapılması, 3 kat kireç badana yapılması 3 kat plastik badana yapılması, beyaz karo fayansla döşeme kaplaması yapılması, seramik döşeme kaplaması yapılması, karo döşeme kaplaması yapılması, dış siva, iç siva ve tavan sıvası yapılmasıdır. Yapılan iş ölçümleri sonucunda bulunan işgücü kullanım süreleriyle bakanlık tarafından öngörülen süreler arasında önemli farklılıklar olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu farklılıklardan ötürü büyük miktarda imalat yapıldığında ciddi maliyet sapsmaları yaşanacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Önen ve Çelebioğlu (2016) kanalizasyon yapımındaki faaliyetlere ilişkin adam saat değerlerinin belirlenmesini ele almıştır. Bu bağlamda dört adet kanalizasyon inşaatı şantiyesinde belirlenen dokuz adet kanalizasyon inşaatı pozu ile ilgili iş ölçümleri yapılmış ve bulunan sonuçlar İller Bankası verileriyle karşılaştırılmıştır. İller Bankası A.Ş. birim fiyat analizlerindeki adam-saat değerleri ile karşılaştırıldığında ölçüm yapılan 9 adet imalat pozuna ait adam-saat değerlerinin tümünün İller Bankası A.Ş. analizlerindeki adam-saat değerlerinden düşük çıktığı görülmüştür. Yapılmış çalışmalar incelendiğinde İller Bankası A.Ş., T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı gibi köklü devlet kurumlarına ait birim fiyat analizlerinin (adam saat değerlerinin) gerçekleri yansıtmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

İşgücü verimliliğinin analizinde pek çok farklı yöntem kullanılmaktadır. Literatür incelendiğinde, işgücü verimliliği araştırmacılar tarafından vekil temelli modelleme (agent-based modelling), sensör (RFID, GPS vs.) teknolojisi, yapı bilgi modellemesi (BIM), yapay arı kolonisi algoritması, öz örgütlemeli haritalar ve yapay sinir ağları gibi çok çeşitli yöntemler kullanılarak incelenmiştir. Grau ve ark. (2009) bir enerji santrali inşaatına uyguladıkları çalışma ile otomatik malzeme takip teknolojisinin işgücü verimliliğine katkısını araştırmıştır. Çalışmada geleneksel takip ile alınan değerler otomatik yöntem ile kıyaslanmıştır. Otomatik malzeme takibi RFID ve GPS kullanılarak sağlanmıştır. Otomatik çelik eleman takibi ile işgücü verimliliğinde %4,2 oranında artış sağlanmıştır.

Watkins ve ark. (2009) vekil temelli modelleme (agent-based modelling) ile işgücü yönetimini ve işgücü verimliliğini elde etmeye yönelik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bunun için oluşturulan 3 farklı işçi grubu, yaratılan ortamda 10 farklı simülasyona tabi tutulmuştur. İşçi gruplarının ortamdaki yerleşimine ve ekiplerindeki koşullara göre verimlilikleri değerlendirilmiştir. Simülasyon sayesinde işçi grupları arasındaki etkileşimler incelenmiştir. Oral ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada inşaat işlerinde işgücü verimliliğine etken faktörlerin izlenmesini ve değerlendirilmesini sağlayacak bir belgelendirme ve analiz sisteminin geliştirilmesini amaçlamıştır. Proje kapsamında işçi ekiplerinden toplanan veriler yapay sinir ağları modellemesiyle analiz edilmiştir. Çalışmada öz örgütlenmeli haritalar (self-organized maps) yaklaşımına dayalı olarak geliştirilen Yapay Sinir Ağı algoritması ile farklı faktörlerin verimliliğe etkilerinin yorumlanabileceği bir sanal ortam oluşturulmuştur.

Andaç ve Oral (2014) işgücü verimliliğinin tahmini için kullanılabilir, geri beslemeli yapay sinir ağları yöntemine, standart olarak kullanılan eğitim algoritmaları yerine yapay arı kolonisi algoritmasının entegre edilmesini önermiştir. Çalışmada zaman etüdü uygulamaları ile toplanan 134 adet beton ekibinin haftalık çalışma saati, ücretlendirme, dinlenme, gece mesaisi, ekip büyüklüğü, yaş ortalaması ve verimlilik değerleri kullanılmıştır. Çalışmada MATLAB R2011a hazır programı kullanılmış, ekiplerin haftalık çalışma saati, ücretlendirmesi, dinlenme süreleri, gece mesai durumları, büyüklük ve yaş ortalaması değerleri girdi; verimlilik değerleri ise çıktı olarak programa girilmiştir. Yapılan programın büyük bir doğrulukla verimliliği tahminlediği tespit edilmiştir. Poirier ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada Yapı Bilgi Modellemesinin (BIM) işgücü verimliliğine katkısını araştırmıştır. Bu kıyası gerçekleştirmek için büyük bir ofis binasına ait restorasyon çalışmasında BIM ile modellenen kısımdaki işgücü verimliliği ile BIM ile modellenmeyen kısımdaki verimlilik ölçülmüştür. İşgücü verimliliğinde farklı kısımlarda olmak üzere %75 ile %241 arasında bir artış elde edilmiştir.

## **İŞGÜCÜ VERİMLİLİĞİ ANALİZİ İÇİN GELİŞTİRİLEN YENİ YAKLAŞIMLAR**

Teknolojinin de gelişmesiyle birlikte işgücü verimliliğinin analizi için bilgisayar görüntülerinden faydalanılmaya başlanmıştır. Bilgisayar görüntüleri saha koşulları, çalışan ve ekipmanların konumları, çalışanların faaliyetleri gibi pek çok bilgiyi görüntü ve videolar aracılığıyla elde edebilmektedir. Video görüntüleri makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak işlenmektedir. Bu sayede yapılan işler tespit edilmekte, işle ilgili pek çok veriye ulaşılmakta ve bu bilgiler verimlilik analizinde kullanılmaktadır. Gong ve ark. (2011) işçilerin aktivitelerini tanımlamak için Bayes ağları içeren video özellikli kelime torbası modelini kullanmıştır. Model iki farklı video setinde denenmiştir. Birinci video seti bir kazıcı yükleyicinin hareketlerini, ikinci video seti ise kalıp işiyle uğraşan bir işçinin hareketlerini içermektedir. Kazıcı yükleyiciye ait hareketler kazma, boşaltma ve yer değiştirme olurken kalıp işçisinin hareketleri taşıma, gezme, eğilme, hizalama ve çivi

çakmaktadır. Yöntem kazıca yükleyiciye ait aktiviteleri %86, işçiye ait aktiviteleri %73 doğruluk ile tahminlemiştir.

Cheng ve ark. (2013) işçilerin aktivite analizlerini gerçekleştirmeye yönelik bir yöntem önermiştir. Öncelikle çalışma sahası 4 farklı alana ayrılmıştır. Bu alanlar malzeme, dinlenme, çalışma ve boş alanlardır. Oluşturulan sistem; malzeme taşınması, malzeme yerleştirilmesi ve tuğla duvar örülmesi işlemleri üzerinde test edilmiştir. İşçilerin üzerine yerleştirilen sensörler sayesinde hangi alanda buldukları takip edilebilmekte ve 4 farklı video kamera aracılığıyla buldukları alanlardan görüntüler toplanabilmektedir. Sensördeki ivmeölçer sayesinde işçilerin pozisyonları da tespit edilebilmektedir. Alınan 3 farklı veri tipi (görüntü, konum, ivme) senkronize edilmiş ve analiz gerçekleştirilmiştir. İşçilerin aktivitelere ilişkin süreleri doğru bir şekilde hesaplanmıştır. Khosrowpour ve ark. (2014) bir iç mekânda çalışan üç farklı işçinin sandviç duvar ile ilgili 8 farklı aktivitesini sınıflandırmıştır. Kinect kameralar ile alınan görüntüler (3,5 m mesafeden) Destek Vektör Makinesi (Support Vector Machine-SVM) ve Hidden Markov modeli (HMM) kullanılarak ayrıştırılmıştır. Çalışma kapsamında sınıflandırılan aktiviteler panelin alınması, tutulması, bırakılması, kesilmesi, ölçülmesi ve yürümedir. Yöntemin doğruluk oranı %76 olarak elde edilmiştir.

Yang ve ark. (2016) makine öğrenmesi kullanarak işçilerin aktivitelerini tanıyacak bir yöntem önermiştir. İki ay boyunca dört farklı şantiyeden elle taşınabilen kameralar vasıtasıyla alınan 1176 görüntü; Yönlü Gradyan Histogramı (HOG), Optik Akış Histogramı (HOF) ve Hareket Sınır Histogramı (MBH) yöntemleri kullanılarak 11 farklı aktiviteyi sınıflandırmıştır. Bu aktiviteler tuğla duvar örümü, taşıma, kesme, delme, donatı bağlama, çivi çakma, sıvama, küreme, bulonlama, kaynaklama ve testere kullanımınıdır. İşçilerin aktivitelerinin doğru tanımlanma oranının en yüksek olduğu yöntemin doğruluk oranı %59'dur. Literatürdeki makine öğrenmesine dayalı çalışmalar incelendiğinde genellikle doğruluk oranlarının gerçek hayata uygulanabilir olmadığı görülmektedir. Doğruluk oranlarının düşük olmasının sebebi makine öğrenmesi algoritmalarının kompleks ve değişken saha koşullarından (aydınlatma farklılıkları, kamera bakış açısı değişikliği, farklı arka planlar vb.) ve çalışanların bir veya daha fazla kişi ve nesneyle (örneğin materyaller) etkileşimli etkinlikler gerçekleştiriyor olmasından fazlasıyla etkilenmesinden kaynaklanmaktadır (Yang ve ark, 2016).

İşgücü aktivitelerinin tespitine ilişkin doğruluk oranlarını arttırabilmek ve verimlilik analizini daha doğru tahminleyebilmek için son yıllarda araştırmacılar derin öğrenme yöntemlerinden faydalanmaya başlamıştır. Fang ve ark. (2018) yapmış oldukları çalışmada derin öğrenme algoritmalarını kullanarak inşaat sahasındaki bir işçinin hangi taşerona ait çalıştığını (iskele kurulumu, beton dökümü, demir montajı ve kalıp), doğru iş kolunda görev alıp almadığını tespit eden bir yazılım geliştirmiştir. Ayrıca çalışanların yüz tanıma teknolojisi kullanılarak sertifikaya sahip olduğu iş alanında çalışıp çalışmadığı da tespit edilebilmektedir. Çalışmada nesne belirleme için daha hızlı bölgesel evrimsel sinir ağları (Faster R-CNN) algoritması, çoklu nesne takibi için basit çevrimiçi ve gerçek-zamanlı izleme (Simple Online and Real-Time Tracking-SORT) algoritması ve yüz tanıma için çok amaçlı CNN (MTCNN) yöntemi kullanılmıştır. Geliştirilen yöntemin sertifikalı işçileri doğru tespit etme oranı %84'tür.

Lou ve ark. (2018a) önerdikleri yöntem ile inşaat sahasındaki işçilerinin donatı ile ilgili faaliyetlerini doğru bir şekilde izlemekte ve otomatik olarak değerlendirebilmektedir. Donatı işi ile ilgili 3 aktivite tanımlanmıştır. Bunlar; donatıyı bükme, taşıma ve yürümedir. Yöntemin geliştirilmesi için 12 farklı şantiye sahasından video görüntüleri toplanmıştır. Yöntemde aktivite tespiti CNN algoritması kullanılarak yapılmıştır ve doğruluk oranı %85'tir. Yapılan çalışma ile ileride gerçekleştirilebilecek gerçek zamanlı proje yönetimi uygulamalarının önü açılmaktadır. Lou ve ark. (2018b) yapmış oldukları bir diğer çalışmada ise işçilerin çalışmakta oldukları aktiviteleri saha gözlem kameralarından aldıkları görüntüleri kullanarak belirlemişlerdir. Yöntem 4 adımdan oluşmaktadır. İlk adım çalışanları ve nesnelere takip etmektir. İkinci adımda optik akış tahmin teknolojisi ile mekânsal ve zamansal akışlar çıkarılmaktadır. Ardından iki akışta kodlanan aktiviteler bağımsız olarak sınıflandırılmaktadır. Son olarak iki faaliyet akışının sonuçları birleştirilmiş ve nihai aktivite tahminleri üretilmiştir. Deneysel sonuçlar, metodun üretilen en iyi sonuçlarla karşılaştırılabilir (%80,5) bir ortalama tanıma doğruluğu elde ettiğini göstermektedir.

Konstantinou ve Brilakis (2018) tasarladıkları işgücü takip sistemi ile işçilerin anlık verimliliklerini hesaplamayı amaçlamışlardır. Bu kapsamda goPro kameralar vasıtasıyla alınan görüntüler nesne takibi algoritmaları ile izlenerek işçilerin çalışma süresini ve duraklama süresini çıktı olarak verebilmektedir. Çıkarımlar işçilerin durma ve hareket etme süreleri hesaplanarak elde edilmiştir. Program C# yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Bir donatı işçisininin 17 dakikalık 2 farklı video kaydı ile test edilen sistem %92 doğruluk ile çalışmaktadır. Lee ve Park (2019) geliştirdikleri yöntem ile inşaat sahalarındaki işçilerin yerlerini üç boyutlu bir şekilde tespit edebilmekte ve izleyebilmektedir. Çalışmayı gerçekleştirebilmek için 5 farklı

işçinin 2 farklı kameradan elde edilen görüntüleri ve HOG (Yönlü Gradyan Histogramı) metodu kullanılmıştır. Yöntemin güvenilirliği %99,7 iken hata uzaklığı yaklaşık 1 metredir. İşçilere ait hareketlerin %96'sının tespit edilebildiği görülmüştür. Yazarlar ayrıca derin öğrenme yöntemlerinden Faster R-CNN metodunun daha hızlı sonuç verebileceğini vurgulamışlardır.

## SONUÇ

İnşaat sektörü işgücüne dayalı bir sektör olduğu için işgücü verimliliğinin analizi oldukça önem arz etmektedir. İnşaat sektöründe birçok iş kalemi işgücü ağırlıklı olduğundan verimliliğin doğru ve hızlı bir şekilde belirlenmesi hem iş süresi hem de işgücü maliyetleri tahminlerinin daha iyi yapılmasına yardımcı olabileceği gibi aynı zamanda sektördeki verimliliğin artırılmasına dair de bir gösterge olarak kullanılabilir. İnşaat sektöründeki işgücü verimliliğinin artışı iş sürelerini azaltıp personel maliyetlerini düşüreceğinden proje maliyetlerinde önemli düşümlere imkan sağlayabilir. Son yıllarda kullanılmaya başlanan derin öğrenme algoritmaları sayesinde işgücü verimliliğine yönelik yeni yaklaşımlar arttığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmaların artması günümüzde bir çalışan gözetiminde belirlenen işgücü verimliliğinin, gün geçtikçe otomatikleşerek insan gözünden bağımsız bir şekilde belirlenebilir bir hale gelmesini ve anlık verimliliklerin elde edilmesini sağlayacaktır. Bu sayede yöneticiler bir projenin istenen performans seviyelerinde sürdürülmesini sağlamak amacıyla operasyonları etkileyen sorunları ele alabilecek uygun mekanizmalar kurabilecektir.

## KAYNAKLAR

- Allen, SG 2016. Why Construction Industry Productivity Is Declining. Author(s): Steven G. Allen. Source: The Review of Economics and Statistics, vol. 67, No. 4 (Nov., 1985), pp. 67(4), 661–669.
- Andaç, MS, Laptalı Oral, E 2014. Yapım İşlerinde Çalışan Verimliliğinin Yapay Arı Kolonisi Algoritması Kullanılarak Tahmini, Proje ve Yapım Yönetimi Kongresi, 6 – 8 Kasım 2014, Akdeniz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Antalya.
- Arashpour, M Wakefield, R, Blismas, N, Lee, EWM 2014. Analysis of disruptions caused by construction field rework on productivity in residential projects. Journal of Construction Engineering and Management, 140(2).
- Arditi D, and Mochtar K 2000. Trends in productivity improvement in the US construction industry. Construction Management and Economy;18(1):15–27.
- British Standards Institution 1979, BS 5750-1:1979. Quality systems. Specification for design, manufacture and installation, UK.
- Cheng, T, Teizer, J, Migliaccio, GC, Gatti, UC 2013. Automated task-level activity analysis through fusion of real time location sensors and worker's thoracic posture data, Automation in Construction, 29, 24–39.
- Dixit, S, Mandal, SN, Sawhney, A, Singh, S 2017a. Relationship between skill development and productivity in construction sector: a literature review. International Journal of Civil Engineering Technology, 8:8.
- Dixit, S, Pandey, AK, Mandal, SN, Bansal, SA 2017b. Study of enabling factors affecting construction productivity: Indian scenario. International Journal of Civil Engineering Technology, 8:6.
- Dixit, S, Mandal, SN, Thanikal, JV, Saurabh, K 2019. Evolution of studies in construction productivity: A systematic literature review (2006–2017), Ain Shams Engineering Journal, 10, 555–564.
- Durdyev S, Ismail S, Kandymov N 2018. Structural equation model of the factors affecting construction labor productivity. Journal of Construction Engineering and Management, 144(4), 336-342.
- Fang, O, Li, H, Luo, X, Ding, L, Rose, TM An, W, Yu, Y 2018. A deep learning-based method for detecting non-certified work on construction sites, Advanced Engineering Informatics, 35, 56–68.
- Gong, J, Caldas, CH, Gordon, C 2011. Learning and classifying actions of construction workers and equipment using Bag-of-Video-Feature-Words and Bayesian network models, Advanced Engineering Informatics, 25, 771–782.
- Grau, D, Caldas, CH, Haas, CT Goodrum, PM Gong, J 2009. Assessing the impact of materials tracking technologies on construction craft productivity, Automation in Construction, 18, 903–911.
- Khosrowpour, A, Nieves, JC, Golparvar-Fard, M 2014. Vision-based workplace assessment using depth images for activity analysis of interior construction operations, Automation in Construction, 48, 74–87.
- Konstantinou E, Brilakis, I 2018. Trajectory-based worker task productivity monitoring, 35th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2018).

- Kuruoğlu, M, Bayoğlu, Fİ 2001. Yapı Üretiminde Adamsaat Değerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma Ve Sonuçları. XVI İnşaat Mühendisliği Teknik Kongresi. Ankara.
- Kuroğlu, M, Sümer, L 2006. Verimlilik kavramı ve inşaat sektöründe yönetsel verimliliğin geliştirilmesi, (Erişim Tarihi: 15 Aralık 2019).  
<http://murat.kuruoglu.com.tr/MURKUR/documan/pdf/VER%C4%B0ML%C4%B0L%C4%B0K%20KAVRAMI%20ve%20%C4%B0N%C5%9EAAT%20SEKT%C3%96R%C3%9CNDE%20Y%C3%96NETSEL%20VER%C4%B0ML%C4%B0L%C4%B0E2%80%A6.pdf>
- Lee, YJ Park, MW 2019. 3D tracking of multiple onsite workers based on stereo vision, Automation in Construction, 98, 146–159.
- Luo, H, Xiong, C, Fang, W., Love, PED, Zhang, B., Ouyang, X 2018a. Convolutional neural networks: Computer vision-based workforce activity assessment in construction, Automation in Construction, 94, 282–289.
- Luo, X, Li, H, Cao, D, Yu, Y., Yang, X, Huang, T 2018b. Towards efficient and objective work sampling: Recognizing workers' activities in site surveillance videos with two-stream convolutional networks, Automation in Construction, 94, 360–370.
- Oral, E, Öcal, E, Oral, M, Mıstıkoğlu, G, Erdiş, E, Paydak, Ö 2008. Yapım İşlerinde Adam Saat/İşçi Verimliliği Analizi ve Yapay Sinir Ağı Modellemesi, TÜBİTAK 1001, Projesi, Proje No: 106M055, Adana.
- Öcal, ME Tat, A, Erdiş, E 2005. Bayındırlık İşleri Birim Fiyat Analizlerindeki İşgücü Verimliliklerinin İncelenmesi, 3.Yapı Kongresi, İzmir.
- Önen, F, Çelebioğlu, İ 2016. Kanalizasyon inşaatlarında adam-saat değerlerinin belirlenmesi, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5(3), 99-108.
- Poirier, EA, Staub-French, S, Forgues, D 2015. Measuring the impact of BIM on labor productivity in a small specialty contracting enterprise through action-research, Automation in Construction, 58, 74–84.
- Shehata ME, El-Gohary KM 2011. Towards improving construction labor productivity and projects' performance, Alexandria Engineering Journal, 50(4), 321-330.
- Shinde VJ Hedao MN 2017. Productivity improvement in construction industry, International Journal of Engineering Technology Science and Research, 4(12), 321-333.
- Tat, A 2000. Bayındırlık İşleri Birim Fiyat Analizlerindeki İşgücü ve Makine Gücü Verimliliklerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Watkins M, Mukherjee A, Onder N, Mattila K 2009. Using agent-based modeling to study construction labor productivity as an emergent property of individual and crew interaction;135(7):657–668.
- Yang, J, Shi, Z, Wu, Z 2016. Vision-based action recognition of construction workers using dense trajectories, Advances in Engineering Informatics, 30(3), 327–336.



## Doğru akım motorunun bulanık mantık-PI kontrolör ile hız kontrol performansının iyileştirilmesi

Fahrettin Cibo<sup>1\*</sup>, İbrahim Alışkan<sup>2</sup>

<sup>\*1</sup>Eren Enerji Elektrik Üretim AŞ, Zonguldak, Türkiye

<sup>2</sup>Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Bölümü, Zonguldak, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail:fahrettincibo@gmail.com

### Özet

Bu çalışmada sabit mıknatıslı fırçalı bir Doğru Akım (DC) motorunun hız kontrolü, PI ve Bulanık Mantık kontrol yöntemleri kullanılarak Matlab-Simulink üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sistem girişine uygulanan değişken referans hız değerlerine ve yük momentindeki bozucu değer değişimlerine karşı sistemin davranışı incelenmiştir. Ayrıca PI, fuzzy ve fuzzy-PI kontrolörleri kullanılarak gerçekleştirilen DC motor hız kontrol benzetim çalışmalarının sonuçlar karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar fuzzy-PI kontrolörün üst aşımı sıfırlamasına karşılık yükselme zamanını arttırdığını da ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** DC Motor, Hız Kontrolü PI, Fuzzy, Fuzzy-PI

### Improving Speed Control Performance of DC Motor with Fuzzy Logic-PI Controller

#### Abstract

In this study, speed control of a brushed DC motor was realized on Matlab-Simulink using PI and Fuzzy Logic control methods. The behavior of the system against the variable reference speed values applied to the system input and the disturbance value changes in the load torque are examined. In addition, the results of DC motor speed control simulation studies using PI, fuzzy and fuzzy-PI controllers were compared. The results showed that the fuzzy-PI controller reduces the overshoots but at the same time settling times increase at fuzzy-PI control studies.

**Keywords:** DC Motor, Speed Control, PI, Fuzzy, Fuzzy-PI

#### Giriş

DC makinalar yüksek değerli yol alma momentleri, yüksek hızlara çıkabilmeleri, kolay taşınabilir olmaları ve birçok kontrolör ile kontrol ediliyor olmaları sebebi ile endüstriyel kullanımlarda geniş yer tutmaktadırlar. Günümüzde DC motorlar yaygın olarak robotlar, elektrikli araç uygulamaları, disk sürücüler, makine parçaları ve servo-valfler olmak üzere birçok alanda kullanılırlar. DC motorun hızının terminal voltajı üzerinden kontrol edilebilmesi ise büyük bir kolaylıktır [Tetik, 2019]. Fırçalı DC makinaların donanım bileşenleri olan kollektör-fırça ikilisi pozisyon bilgisine ihtiyaç duymadan makinanın hız kontrolüne olanak sağlar. Oysa fırçasız DC makinalarda hareketin sürekliliğini sağlayabilmek için rotorun pozisyon bilgisine ihtiyaç duyulur [Tetik, 2019]. Basit bir DC-kıyıcı ile fırçalı DC motorların hızı kontrol edilebilir [Rashid, 1993]. Güç elektroniğinin temel devre yapılarından olan DC-kıyıcılarla DC motorun hız kontrolünün mümkün olması ve motorun kararlı hız-moment karakteristiği cazibesini sürdürmesine temel etmenlerdir.

DC-motor hız kontrolünde yaygın olarak kullanılan kontrolör yöntemleri arasında Oransal+İntegral+Türev (PID) denetleyicileri görmek mümkündür. PID denetleyicilerin beklenen kontrol performans kriterlerini sağlayabilmesi için oransal kazanç değeri ( $K_p$ ), integral zaman sabiti ( $T_i$ ) ve türev zaman sabiti ( $T_d$ ) parametrelerinin uygun değerlere ayarlanması gerekir. Temel yaklaşım olarak Ziegler-Nichols gibi deneysel metodlara veya frekans uzayı analiz metodlarına yönelmek mümkündür [Ogata,2002]. Günümüzde sezgisel algoritmaların kontrolör parametrelerinin ayarlanmasında kullanıldığını görmek mümkündür. Parçacık sürü optimizasyonu veya genetik algoritma kullanılarak DC motor kapalı döngü kontrol sisteminde kullanılacak olan PI tipi

denetleyicinin parametreleri uygun değerlere ayarlanarak yükselme zamanı ve yerleşme zamanı gibi performans parametrelerinde iyileşmeler sağlanabilir [Salim, 2015 Vadi, 2019]. Benzer şekilde simbiyotik organizmalar arama algoritması ile de algoritmanın adaptasyon yöntemine göre en iyilenmiş kontrolör parametrelerini, dolayısıyla arttırılmış kontrol performansını elde etmek mümkündür [Çelik, 2017].

Günümüzde yaygın olarak kullanılan yapay zeka algoritmaları DC motor hız kontrol çalışmalarında kendine yer bulmuştur. Bulanık mantık kontrolörleri kullanarak uzman kişi tecrübesini dilsel ifadeler üzerinden motor hızını referans değere ayarlamak için kullanabilir [Top, 2017]. Bir diğer yapay zeka algoritması olan yapay sinir ağlarını da motor kontrol çalışmalarında görmek mümkündür. Yapay sinir ağlarının öğrenme kabiliyeti sistemi deneysel veriler üzerinden modellemeye olanak sağlar. Böylece yapay sinir ağları DC motor kontrol sistemlerine hem tahmin modeli hem de kontrolör olarak dahil olabilirler [Benmabrouk, 2016].

Bu çalışmada PI denetleyicinin Ziegler-Nichols metodu ile deneysel veriler üzerinden ve bode diyagramı tabanlı frekans domeni analizi metoduyla olmak üzere iki farklı şekilde parametre ayarlaması yapılmıştır. Kapalı döngü bulanık mantık kontrolü ve bulanık mantık-PI kontrolü olmak üzere yapay zeka içerikli kontrol çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Beş farklı denetleyicinin yükselme zamanı, yerleşme zamanı, üst aşım ve referans takip hatasının mutlak değerinin integrali (IAE) performan kriterlerine göre kıyaslaması yapılmıştır.

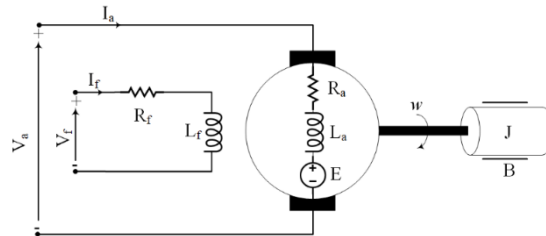
### DC Motor Modelleme

Elektrik motorları elektrik enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren makinalardır. Bu makinalar çalışma gerilimlerine göre alternatif akım (AC) ve DC makinalar olmak üzere iki temel gruba ayrılırlar. Yazımıza konu olan DC motorlar AC motorların en yaygın kullanım alanına sahip üyesi olan asenkron motorlara göre daha kararlı bir hız-moment karakteristiği sunarlar ve kontrolleri için kullanılacak olan güç elektroniği devreleri de daha basit yapıdadır.

DC motorlar kendi içerisinde fırçalı ve yapay mıknatıslı (fırçasız) olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Bu çalışmada fırçalı DC motor grubunun bir üyesi olan serbest uyartımlı motorun hız kontrolü üzerinde durulacaktır. Şekil. 1'de motorun temel eşdeğer devre görseli sunulmuştur [Özbulur, 2017]. Şekilde verilen eşdeğer devre yapısını kullanarak motorun hız kontrolü için kullanabileceğimiz giriş değişkeni olan besleme gerilimi ile çıkış işareti olan rotor mekanik hızı arasında bir ilişki kurmak mümkündür. Bozucu işaret olarak kabul edebileceğimiz yük momenti de dahil olacak motorun elektromekanik moment denkliği aşağıdaki gibi yazılır.

$$T_e = K_t i_a(t) = J \dot{w} + B w + T_y, \quad w = \frac{d\theta(t)}{dt} \quad (1)$$

Bozucu etkiyi sıfır kabul ederek modelleme çalışmamız devam edebiliriz. Elektromekanik moment eşitliği ile elektriki parametreler arasında ilişki kurulmasına olanak sağlayacak olan değişken parametre armatür akımıdır.



Şekil.1. DC Motor Eşdeğer Devresi

$$V_a = E + R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} \quad (2)$$

Eşitlikte görülen armatür elektromotor kuvveti ile rotor açısal hızı arasındaki oransal ilişki aşağıdaki eşitlik ile verilebilir ve Eşitlik (4) ile sunulan yeni armatür gerilim denkliği elde edilir.

$$V_a = K_e w + R_a i_a(t) + L_a \frac{di_a(t)}{dt} \quad (4)$$

Diferansiyel denklem çözümlerini kolaylaştırmak adına başlangıç değerlerini sıfır kabul ederek Eşitlik (4)'in Laplace dönüşümü gerçekleştirilebilir.

$$V_a = K_e W(s) + R_a I_a(s) + s L_a I_a(s) \quad (4)$$

Elektromekanik moment denkleğinin sıfır başlangıç değerleri ile elde edilen Laplace dönüşümünden  $I_a(s) = G_1(s)W(s)$  şeklinde  $G_1(s)$ -transfer fonksiyonlu eşitliğı üretebiliriz.

$$I_a(s) = \frac{Js+B}{K_t} W(s) \quad (5)$$

Eşitlik (5)'in Eşitlik (4) içerisinde kullanılması ile hedeflenen  $W(s) = G_2(s)V_a$  ifadesinde görülen  $G_2(s)$  transfer fonksiyonu türetilir.

$$G_2(s) = \frac{K_t}{s^2 L_a J + s(R_a J + L_a B) + (K_t K_e + R_a B)} \quad (6)$$

Eşitliklerde kullanılan parametreler;  $R_a$  : Armatür direnci ( $\Omega$ ),  $L_a$  : Armatür endüktansı (H),  $I_a$  : Endüvi akımı sürekli hal değeri (A),  $I_f$  : uyartım akımı (A),  $V_a$  : giriş voltajı (V),  $E$  : armatür elektromotor kuvveti sürekli hal değeri (V),  $T_y$  : yük momenti (Nm),  $T_e$  : armatürde endüklenen elektromanyetik moment (Nm),  $w$  : rotor açısal hızı (rad / s),  $J$  : Rotor atalet momenti ( $\text{kg m}^2$ ),  $B$  : Sürtünme moment sabiti (Nms),  $K_e$  : EMF sabiti (Vs / rad) ve  $K_t$  : Tork sabiti (Nm/A) olarak sunulur.

## PID Kontrolör

Kapalı döngü kontrol sistemleri alanında klasik yapı olarak kabul edebileceğimiz PID kontrolör hatanın anlık değeri, hatanın integralini ve türevini kullanarak denetim işaretini üretir. Geçtiğimiz yüzyılın başlarından itibaren kullanılan eski bir denetleyici türüdür [KJ Astrom, 1995]. PID denetleyiciler basit ve başarılı bir kontrol sağlamaları nedeniyle birçok uygulamada standart kontrolör olarak kullanılmaktadırlar. PID denetleyicinin klasik formülü Eşitlik (7) de verilmiştir [Ogata, 2002]. Eşitlikte görülen PID kontrolör yapısından türetilen P, PI veya PD kontrolör yapıları tasarımcının hedefleri ve kontrol edilecek sistemin zaman eksenini davranışları doğrultusunda kullanılabilir.

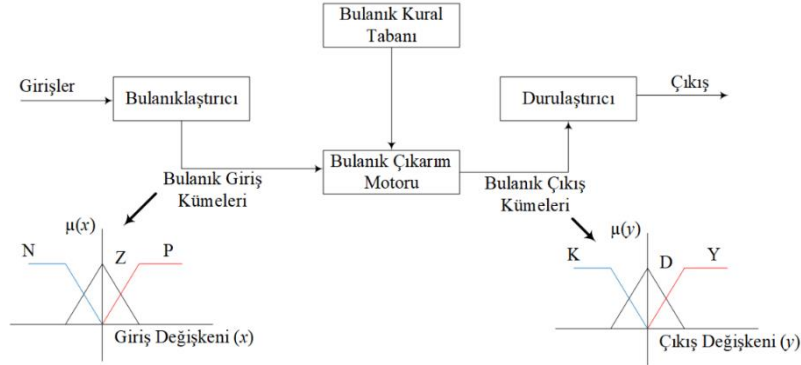
$$u_t = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (7)$$

Yukarıdaki ifadeden görülebileceğı gibi tasarımcıya kontrolör üzerinden sisteme müdahale olanağı sunan  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  katsayıları amaca hizmet edecek şekilde belirlenmelidir. Ziegler-Nichols gibi deneysel yaklaşımları veya frekans uzayı analiz yöntemlerini Eşitlik (6) ile sunulan transfer fonksiyonuna yönelik kontrolör tasarımında kullanabiliriz.

PID kontrolöre göre daha basit yapıları PI kontrolör farklı tiplerde sistemlerin kontrolünde tatmin edici sonuçlar vermiştir [Kuroki, 2011 Cheingjong, 2008]. Özellikle sürekli hal hatasının sıfır olması istenilen sistemlerde PI kontrolör tercih edilebilir yapıdır.

## Bulanık Mantık ve Bulanık Mantık-PI Kontrol

İnsan mantığını makine ve robotlarda kullanmak üzere tasarlanmış bir denetleyici türüdür. Lütfü Aliasker Zadeh tarafından ortaya atılan bu kavram insan ile makinanın birbirine en çok yaklaştığı noktalardan biri olarak kabul ediliyor [Zadeh, 1965]. Şekil 2'te sunulan temel bulanık mantık yapısında giriş üyelik fonksiyonları (N: Negatif, Z: Sıfır, P: Pozitif) ile çıkış üyelik fonksiyonları (K: Küçült, D: Dokunma, Y: Yükselt) arasında bağlantı kural tabanı sayesinde kurulur. Çıkarım motoru ise bu ilişkinin matematiksel tanımını ortaya koyar. Durulaştırma ile bulanık çıkarımın sağladığı bulanık değerlerin kesin değere dönüşümü sağlanır [Ünsal, 2017]. Şekil 2'te sunulan üyelik fonksiyonlarını kullanarak Mamdani çıkarım yöntemi ve ağırlıklı ortalama durulaştırma yöntemi eşitlikleri sırası ile aşağıdaki gibi verilebilir.



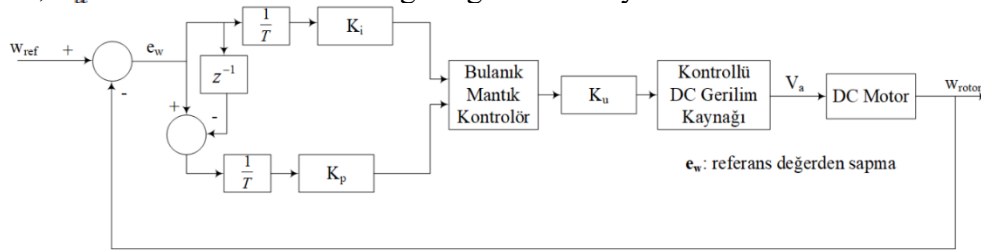
Şekil.2. Temel Bulanık Mantık Yapısı

$$g_i = (\mu_i(x_1) \cap \mu_j(x_2)) \cap \mu_{ij}(y) \quad (8)$$

$$y = \frac{\sum_{i=1}^k \alpha_i g_i}{\sum_{i=1}^k \alpha_i} \quad (9)$$

Eşitliklerde  $\mu_i(x_1)$  ve  $\mu_j(x_2)$  giriş değişkenleri için kullanılan üyelik fonksiyonları,  $\mu_{ij}(y)$  kural tablosuna göre kullanılan çıkış değişkeni üyelik fonksiyonu,  $\alpha_i$   $i$ . çıkış fonksiyonu ortalaması,  $g_i$  çıkarım yönteminin sonucu,  $k$  ise çıkarım yönteminde geçen çıkış üyelik fonksiyonu sayısıdır.

Kontrol çalışmalarında bulanık mantık denetleyicinin girişlerine genellikle referans takip hatası ve bu hatanın zamana göre değişimi uygulanır [Ünsal, 2017]. Ancak bulanık mantık-PI kontrolörler ile zamana göre değişken genlikli PI kontrolörler elde etmekte mümkündür [Chen, 1993]. Bu sayede sabit katsayılı PI kontrol yapısından değişken genlikli PI kontrolör yapısına geçilmiş olur. Şekil 3'te görüleceği üzere bulanık mantık-PI kontrol algoritmasında bulanık mantık elemanının girişlerine PI kontrolörün çıktıları uygulanır. Dijital bir sistem olan kontrol sisteminde  $T$  örnekleme zamanı,  $z^{-1}$  birim gecikme,  $K_u$  ise kontrolörün sabit değerli genlik katsayısıdır.



Şekil.3. Fırçalı DC motor Bulanık Mantık-PI Kontrolör Yapısı.

### DC Motor Hız Kontrolü Denetleyici Tasarımı

Bu bölümde, parametreleri Tablo 1'de verilen DC motor için Ziegler-Nichols deneysel kontrolör tasarım metodu ve frekans bölgesi tasarım metodlarından bode diyagramı analizi ile PI kontrolörün parametreleri ayarlanacaktır.

Tablo 1. DC motor parametreleri

Parametre	Değer
Anma Gücü	3.68 kW
Anma Gerilimi	240 V
Uyartım Gerilimi	240 V
Armatür Direnci	2.581 $\Omega$
Armatür Endüktansı	0.028 H
EMF Sabiti	1.0113 V s/rad
Tork Sabiti	1.0113 Nm/A
Atalet Momenti	0.02215 kg m <sup>2</sup>
Sürtünme Moment Sabiti	0.002953 Nms

Tablo 1’de verilen değerler Eşitlik (6)’da kullanılırsa, DC motor için  $W(s)/V_a(s)$  transfer fonksiyonu Eşitlik (10)’da sunulduğu şekilde elde edilir.

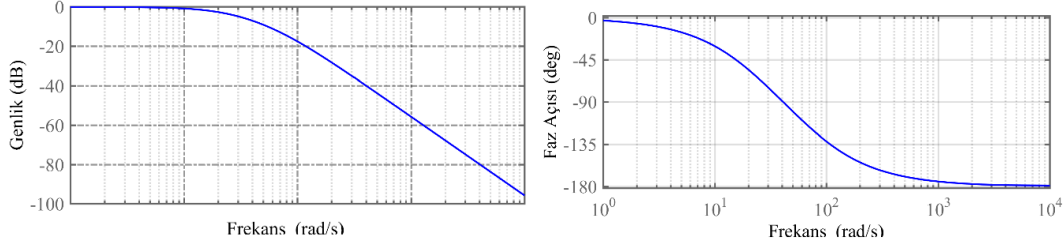
$$G_2(s) = \frac{1.0113}{s^2 0.00062 + s 0.05725 + 1.0303} \quad (10)$$

#### a. Ziegler-Nichols Metodu ile Parametre Ayarı

Eşitlik (10) ile verilen transfer fonksiyonuna birim basamak girişi uygulanır ve deneysel birim basamak cevabı elde edilir. Salınımın söz konusu olmadığı cevap eğrisi Ziegler-Nichols’ün birinci metodu uygulanabilirliğini sağlamıştır [Ogata, 2002]. Buna göre;  $K_p = 3,86$  ve  $K_p = 128$  olarak elde edilir.

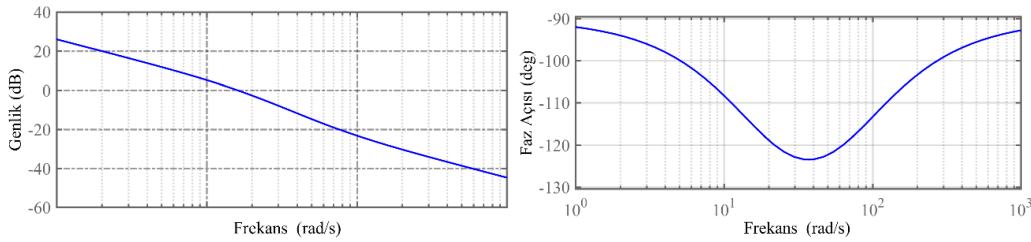
#### b. Frekans Bölgesi Analizi ile Parametre Ayarı

Eşitlik (10)’da sunulan transfer fonksiyonunun bode diyagramını çizerek kontrolör parametre ayarlanması çalışmalarına başlanabilir. Şekil 4’de sunulan bode diyagramı Tip 0 sistem olan motor transfer fonksiyonunun kalıcı hal hatasını ve yaklaşık  $180^\circ$ ’lik faz payını göstermektedir. PI kontrolörün uygulanması ile kapalı çevrim sistemin transfer fonksiyonu Tip 1 olacaktır. Başka bir ifade ile basamak fonksiyonu değişimli referans değişimlerinde sürekli hal hatası sıfırlanacaktır. Ayrıca faz payı da  $50^\circ$ - $80^\circ$  bandı içerisine taşınarak sönüm faktörü kontrol altına alınabilecektir [Ogata, 2002].



Şekil.4. Açık çevrim bode diyagramı.

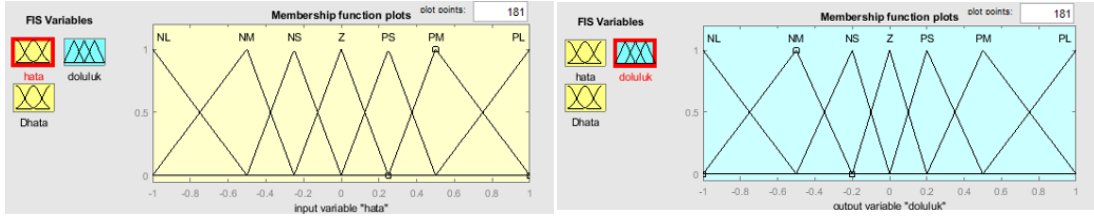
Faz payı  $65^\circ$  ve kazanç geçiş frekansı 17 rad/s olacak şekilde PI kontrolör parametreleri ayarlanırsa,  $K_p = 0,31$  ve  $K_p = 21,483$  elde edilir. Şekil 5’de sunulan kapalı çevrim transfer fonksiyonu bode diyagramı hem kalıcı hal hatasının sıfırlandığını hem de sönüm oranının kabul edilebilir sınırlar içerisine çekildiğini faz payı üzerinden göstermektedir.



Şekil.5. Kapalı çevrim transfer fonksiyonu bode diyagramı.

#### c. Bulanık Mantık Kontrolör Tasarımı

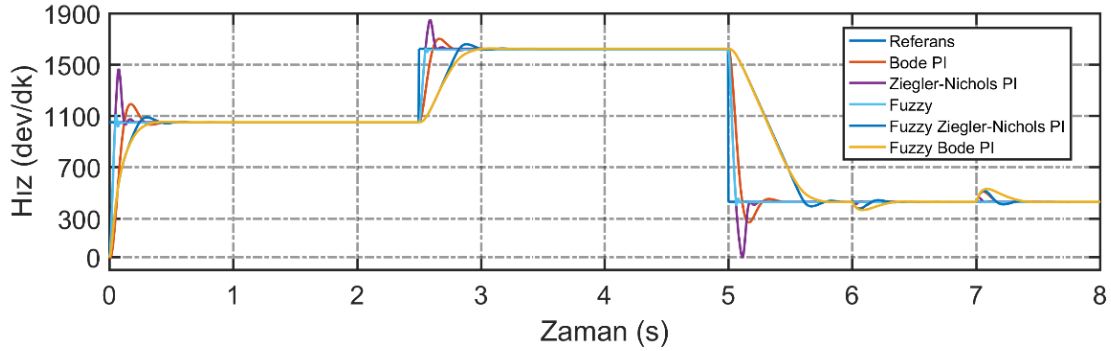
Matlab Fuzzy Logic Toolbox kullanılarak giriş ve çıkış değişkenleri için Şekil.6’de gösterilen üyelik fonksiyonları tercih edilmiştir. Birim uzayda çalışmaları sürdürmek amacı ile giriş değerleri için 5 dev/dk maksimum hata ve hatadaki maksimum değişim değeri olarak seçilmiştir. Eşitlik (8) ile verilen Mamdani çıkarım yöntemi ve Eşitlik (9) ile verilen ağırlıklı ortalama ile durulama yapılmıştır. DC kaynak gerilimi maksimum değerinin 240 V olduğu düşünülerek bulanık mantık kontrolörün çıkışına  $K_u = 240$  kazanç değeri eklenmiştir.



Şekil.6. Giriş değişkenleri için oluşturulan üyelik fonksiyonları (solda), çıkış değişkeni için oluşturulan üyelik fonksiyonları (sağda).

## Benzetim Çalışmaları

Matlab Simulink ortamında oluşturulan benzetim sistemi Şekil.3’de baz alınarak geliştirilmiştir. Kontrol edilecek sistem olan DC motorun parametre değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Referans hız olarak üç farklı değer uygulanmıştır, referans değerler arasında geçiş basamak şeklindedir. Ayrıca kontrolörlerin yük momentindeki değişime tepkilerini görmek adına 8 Nm yük momenti ile başlanan çalışmanın 6. saniyesinde 12 Nm’ye yükseltilecek yük momenti 7. saniyede 6 Nm’ye düşürülmüştür. Toplam 8 s süren benzetim çalışmalarında Ziegler-Nichlos ve bode diyagramı üzerinden tasarlanan PI kontrolörler, bulanık mantık kontrolör ve ilk iki PI kontrolör ile oluşturulmuş iki farklı bulanık mantık-PI kontrolör olmak üzere beş farklı kontrolörün performansı izlenmiştir. İlk olarak Şekil 7 ile hız değişimleri verilmiştir. Genel performans değerlendirmesini sayısal değerler üzerinden yapabilmek için yük momentinin ilk değişim anı olan 6. saniyeye kadar yapılan ölçümler kullanılarak Tablo 2’deki performans indeks değerleri elde edilmiştir.



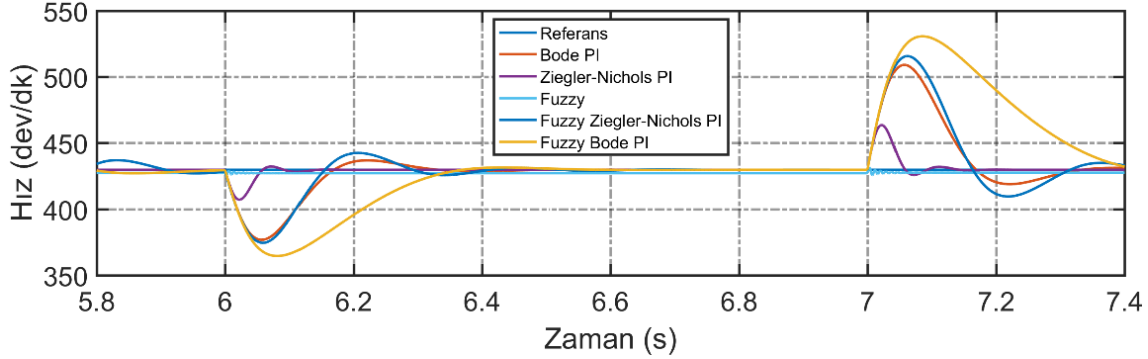
Şekil.7. Benzetim Çalışmaları DC motor Hız değişimleri.  
Tablo 2. Hız kontrolü Performans indeksi sayısal değerleri

Kontrolör Tipi	Referans Değer (dk <sup>-1</sup> )	Yükselme Zamanı (referansın 90%’sine ulaşma zamanı) (ms)	Yerleşme Zamanı (ms)	Üst Aşım (%)
PI-1 (Ziegler-Nichols)	1050	42	180	40
PI-2 (Frekans Analizi)	1050	106	266	13
Bulanık Mantık Kontrolör	1050	45	76	5.9
Bulanık Mantık-PI-1	1050	190	360	3.8
Bulanık Mantık-PI-2	1050	200	290	1

Tablo 2 incelendiğinde bulanık mantık kontrolörün yerleşme zamanı performans indeksine göre en başarılı kontrolör olduğu söylenebilir. Ancak kalıcı hal hatasını sıfırlayamayan bulanık mantık kontrolörün başarılı bir kontrolör olduğu da söylenemez. Yükselme zamanı değerlerine göre en başarılı kontrolör olan PI-1, üst aşım performans indeksi incelendiğinde son sırada yer almaktadır. Üst aşım performans indeksine göre en başarılı kontrolörlerin bulanık mantık-PI-1-2 kontrolörlerinin olduğu görülür.

Yük momentinin bozucu etkisi 6. ve 7. saniyelerde uygulanan değişimler ile benzetim çalışmasına dahil edilmiştir ve Şekil 8 ile bu değişimin motorun hız değişimine etkisi görsel olarak sunulmuştur. Benzetimin altıncı saniyesinde gerçekleşen yük momenti artışı (8 Nm → 12 Nm) motor hızında ilk

anda düşüŖşlere neden olmuŖtur. Bu düşmelerin  $430 \text{ dk}^{-1}$ 'lik referans hıza göre bağlı değerleri yzdesel olarak; PI-1 için 5.8%, PI-2 için 11%, bulanık mantık kontrolör için 1%, bulanık mantık-PI-1 için 11% ve bulanık mantık-PI-2 için 16% elde edilmiŖtir. Bozuculara karŖı en dayanıklı kontrolör bulanık mantık kontrolör olsa da sıfırlanamayan sürekli hal hatası hala büyük bir sorundur. Benzer Ŗekilde benzetimin yedinci saniyesinde meydana gelen yük moment düşüŖü ( $12 \text{ Nm} \rightarrow 6 \text{ Nm}$ ) hız geriliminde anlık artışlara neden olmuŖtur. Referans hız değerine ( $430 \text{ dk}^{-1}$ ) göre hesaplanan yzdesel hız sapmalarında en düşük değer 1% ile bulanık mantık kontrolöre ve en yüksek değer ise 23.2% ile bulanık mantık-PI-2'ye ait olarak hesaplanmıŖtır.



**Şekil.8.** Değişken Değerli Yük Momenti KarŖısında Hız Dalgalanmaları

Son performans indeks parametresi ise geliŖmiŖ kontrol tekniklerinin değerlendirilmesinde kullanılan IAE değeridir [Baklouti 2016]. Her bir kontrol için EŖitlik (11) kullanılarak 8 s'lik benzetim süresi için IAE değerleri hesaplanmıŖtır. Buna göre IAE değerleri; PI-1 için  $1.48 \times 10^6$ , PI-2 için  $2.45 \times 10^6$ , bulanık mantık kontrolör için  $1.23 \times 10^6$ , bulanık mantık kontrolör-PI-1 için  $6.67 \times 10^6$  ve bulanık mantık kontrolör-PI-2 için  $6.85 \times 10^6$ 'dır. Her ne kadar bulanık mantık kontrolör düşük değer elde etse de sürekli hal hatası nedeni ile başarısız bir kontrolördür. PI-1 ve PI-2 kontrolörlerin ise yüksek değerli üst aşım nedeni ile düşük değerli IAE değerleri çok fazla bir anlam ifade etmeyecektir.

$$IAE = \int_0^{\infty} |e(t)| dt \quad (11)$$

## Sonuçlar

Bu çalışmada serbest uyarımlı bir DC motorun sabit uyarım gerilimi altında armatür besleme gerilimi üzerinden hız kontrolü benzetim çalışmaları gerçekleştirilmiŖtir. Deneysel yöntem ve frekans bölgesi analizi metodu ile olmak üzere iki PI tipi kontrolör tasarlanmıŖtır. Bulanık mantık kontrolör tasarlanmış, PI kontrolörler ile bulanık mantık kontrolör bir araya getirilerek bulanık mantık-PI kontrolörler oluşturulmuŖtur. Sürekli hal hatası performans indeksi dışında en başarılı kontrolör bulanık mantık kontrolör olmuŖtur. PI-1 ve PI-2 kontrolörler ise Tip 1 sistem haline gelen kapalı çevrim transfer fonksiyonu sayesinde basamak değişimli referans durumunda sürekli hala hatasını sıfırlamışlardır. Zira DC motor transfer fonksiyonu Tip 0 sistemdir. Ancak her iki PI kontrolörde yüksek değerli üst aşım sorununu çözememişlerdir. Bulanık mantık-PI kontrolörler ise daha yavaş hareket etmelerine rağmen hem üst aşım sorununu çözmüşler hem de kalıcı hal hatasını sıfırlayabilmişlerdir.

## Kaynaklar

- A Visioli. Advances in Industrial Control-Practical PID Control. London: Springer-Verlag London Limited. 2006.
- Benmabrouk Z, Abida A, Ben Hamed M, Sbita L. Speed Control of DC Machine Using Adaptive Neural IMC Controller Based on Recurrent Neural Network. *Proceedings of the 2016 5th International Conference on Systems and Control*. Morocco, May 25-27, 2016; 198-203.
- Baklouti F, Aloui S, Chaari A. Adaptive Fuzzy Sliding Mode Tracking Control of Uncertain Underactuated Nonlinear Systems: A Comparative Study. *Journal of Control Science and Engineering*. 2016; 1-12.

- Cheingjong P, Wongsaisuwan M. Adaptive PI Control Application of a Heat Exchanger via Distributed Control System. 2008 IEEE International Conference on Industrial Technology. China, April 21-24, 2008; 1-4.
- Chen G, Ying H. Stability Analysis of Nonlinear Fuzzy PI Control Systems. Third International Conference on Industrial Fuzzy Control and Intelligent Systems. USA, December 1-3, 1993; 128-133.
- Çelik E, Öztürk N. Doğru Akım Motor Sürücülerini için PI Parametrelerinin Simbiyotik Organizmalar Arama Algoritması ile Optimal Ayarı. Bilişim Teknolojileri Dergisi. 2017; 10: 311-318.
- KJ Astrom, T Hagglund. PID Controllers: Theory, Design, and Tuning. USA: Instrument Society of America. 1995.
- Kuroki T, Sato T, Nabeshima T, Nishijima K. Comparative Study of Digital PI Control Algorithm for DC-to-DC Converters. 2011 IEEE Ninth International Conference on Power Electronics and Drive Systems. Singapore, December 5-8, 2011; 549-553.
- Ogata K. Modern Control Engineering, New Jersey: Prentice-Hall. 2002.
- Özbulur V. PID ve Kesir Mertebeli Kayan Kipli Kontrol Yöntemleri ile Doğru Akım Motorunun Hız Kontrolü. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2017; 17: 537-545.
- Rashid MH. Power Electronics, New Jersey: Prentice-Hall. 1993.
- Salim, J Ohri. FUZZY Based PID Controller for Speed Control of D.C. Motor Using LabVIEW 2 DCMotor Mathematical Model. WSEAS Trans. Syst. Control. 2015; 10: 154-159
- Tetik M. Harmonik Ekleme Yöntemi ile Fırçasız DC Motorun (BLDC) Hız Denetimi. Technological Applied Sciences. 2019; 14:27-36.
- Top A, Çakmak O, Gökbulut M. Tachogenerator DC Motor Speed Control with PID and Fuzzy Logic. *Journal of Engineering and Technology*. 2017; 1: 24-31.
- Ünsal S, Alışkan I. Investigation of Speed Control Performances of the Fuzzy Logic Controllers Having Different Membership Functions and Inference Methods. *Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering*. 2017; 18:831-841.
- Vadi S, Bayındır R. Doğru Akım Motoru Kapalı Çevrim Hız Denetim Sistemindeki PI Parametrelerinin Genetik ve Parçacık Sürü Algoritması Kullanarak Optimizasyonu. *Veri Bilimi Dergisi*. 2019; 2: 51-60.
- Zadeh LA, Fuzzy Sets. *Information and Control*. 1965; 8: 338-353.



## Yazılım uygulamalarında kalitenin nicel metrikler ile değerlendirilmesi

Şafak Kayıkçı

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Bolu, Türkiye

### Özet

Yazılım kalitesi, belirtilen ihtiyaçların ve gereksinimlerin karşılanma becerisine dayanan bir yazılım ürününün işlevselliğinin ve özelliklerinin toplamını ifade eder. Yazılımların nicel metriklere dayandırılarak ölçülmesi, tüm sürecin ayarlanması, değerlendirilmesi ve geliştirilmesi işlemlerine dayanarak yapılan bir işlemdir. Bu çalışmada, yazılım geliştirme süreçlerinde kalitenin ölçülmesi için sıkça kullanılan metrikler anlatılmış ve kullanıcıların uygulamalar hakkında bildirdiği geri bildirim türlerine genel bir bakış sağlayan ve ilgili kod metriklerinin evrimini belgeleyen yirmi üç farklı uygulama kategorisine ait geniş bir Android uygulama veri seti üzerinde uygulanmıştır. İyi tanımlanmış metriklerin kullanımı, kurumların ürün ve müşteri hizmetlerini iyileştirmek için ihtiyaç duydukları bilgileri bulmalarına yardımcı olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Yazılım Kalitesi, Ölçümleme, Kalite Metrikleri

### Evaluation of Quality in Software Applications with Quantitative Metrics

#### Abstract

Software quality refers to the overall functionality and features of a software product based on the ability to meet specified needs and requirements. The measurement of software based on quantitative metrics is based on the process of adjusting, evaluating and improving the whole process. In this study, metrics commonly used to measure quality in software development processes are described and applied on a large dataset of Android applications belonging to twenty three different apps categories, which provides an overview of the types of feedback users report on the apps and documents the evolution of the related code metrics. Using well-defined metrics will help organizations find the information they need to improve product and customer service.

**Keywords:** Software Quality, Measurement, Quality Metrics

### GİRİŞ

Yazılım kalitesi yönetimi, son kullanıcılara istenilen seviyede yazılım kalitesinin elde edilmesini ve performansından memnun olmalarını sağlayan bir süreçtir. Bu süreç, kalite güvencesi, kalite planlaması ve kalite kontrolünü içerir. Kaliteli yazılım, hata içermeyen veya mümkün olan en az seviyede hata içeren, zamanında ve belirtilen bütçe dâhilinde sunulan, gereklilikleri veya beklentileri karşılayan ve bakımları yapılabilen bir yazılımı ifade eder. Yazılım mühendisliği bağlamında, yazılım kalitesi hem işlevsel kaliteyi hem de yapısal kaliteyi yansıtır. Yazılımın işlevsel kalitesi, işlevsel gereksinimlere veya özelliklere bağlı olarak belirli bir tasarımı ne kadar iyi karşıladığını yansıtır. Yazılım yapısal kalitesi ise sağlamlık veya bakım kolaylığı gibi işlevsel gereksinimlerin yanında yazılımın doğru şekilde üretilme derecesini destekleyen işlevsel olmayan gereksinimlerin ele alınmasıyla ilgilidir.

Yazılım geliştirme süreçlerinde diğer endüstrilere göre birtakım farklı zorluklar mevcuttur. Normal olarak bir endüstriyel ürün, makine ayarlarının farklı birleşimleri ile sınırlı sayıda çalışma seçeneğine izin verir. Ancak, yazılım paketleri milyonlarca olasılığa izin verir. Bu nedenle, tüm bu işlevsel olanakların doğru bir şekilde sağlanması yazılım endüstrisi için büyük bir zorluktur. Ayrıca, endüstriyel ürünler görülebildiğinden, kusurlarının çoğu üretim sürecinde tespit edilebilir. Dolayısıyla bir endüstriyel ürünlerdeki bir parçanın yokluğu, üründe kolayca tespit edilebilir. Ancak, disketlerde veya CD'lerde depolanan yazılım ürünlerindeki kusurlar görülemez.

Ürünün geliştirilmesi ve üretim sürecinde de farklılıklar gözlemlenmektedir. Endüstriyel bir ürünün geliştirilme aşamasında, tasarımcılar ve kalite güvence personelleri hatalarını tespit etmek için ürünün ilk örneklerini kontrol ve test eder. Ürün üretim planlaması aşamasında, üretim süreçleri ile araçları tasarlanır ve hazırlanır. Bu aşama aynı zamanda, geliştirme aşamasında fark edilmeyen kusurları tespit etmek ve ürünü incelemek için fırsatlar sağlar. İmalat aşamasında ise ürünlerin başarısızlıklarını tespit etmeye yönelik kalite güvence yöntemleri uygulanır. Üretimin ilk döneminde tespit edilen ürünlerdeki kusurlar, genellikle ürünün

tasarımında, malzemelerinde veya üretim araçlarında yapılacak bir değişiklikle, gelecekte üretilen ürünlerde bu tür kusurları önleyecek şekilde düzeltilebilir.

Bununla birlikte, yazılım dünyasında hatalar geliştirme, test veya bakım aşamalarında tespit edilirler. Yazılım geliştirme sürecinde, yazılım kopyalarının üretimi ve yazılım el kitaplarının yazdırılması otomatik olarak gerçekleştirildiği için ürün üretim planlama ve üretim aşamalarına gerek yoktur. Yazılımın karmaşıklığı ve görünmezliği gibi bu özellikleri, yazılım kalite güvencesi yöntembiliminin gelişmesini ve başarılı bir şekilde uygulanmasını oldukça profesyonel bir zorluk haline getirmektedir.

## **YAZILIM KALİTE FAKTÖRLERİ**

Yazılımı etkileyen çeşitli faktörler genel olarak iki kategoriye ayrılırlar. İlk kategori, mantıksal hataların sayısı gibi doğrudan ölçülebilen kategorilerdir. İkinci kategori ise sadece dolaylı olarak ölçülebilen faktörlerdir. Yazılım kalitesi faktörlerinin modelleri ve sınıflandırılmaları için çok sayıda model önerilmiştir. McCall tarafından önerilen klasik yazılım kalitesi faktörleri modeli 11 faktörden oluşur (McCall,1977). Benzer şekilde, 12 ila 15 faktörden oluşan modeller Deutsch ve Willis (1988 ) ile Evans ve Marciniak (1987) tarafından önerilmiştir.

McCall faktör modeli, yazılım gereksinimlerini sınıflandırmak için pratik ve güncel bir yöntem sunmaktadır (Pressman, 2005). Bu model, tüm yazılım gereksinimlerini 11 yazılım kalitesi faktörüne göre sınıflandırır. Grup olarak ürün işlenmesi, ürün yenilenmesi ve ürün geçiş faktörü olmak üzere üç kategoride toplanırlar.

### **Ürün İşlenmesi Kalite Faktörleri**

McCall'ın modeline göre, ürün işlem kategorisi, yazılımın günlük çalışmasını doğrudan etkileyen gereklilikleri karşılayan faktörlerini içerir. Yazılım sisteminin çıktısının tutarlılığı, hatalı verilerden veya yanlış hesaplamalardan olumsuz olarak etkilenebilecek gerekli çıktının doğruluğu, eksik bilgiden etkilenebilecek çıktı bilgilerinin netliği, olay ile yazılım sistemi tarafından verilen yanıt arasındaki süre olarak tanımlanan bilgilerin güncelliği, bilginin kullanılabilirliği ve yazılım sistemini kodlama ve belgeleme standartları ile ilgilidir. Güvenilirlik gereksinimleri sistemin servis arızaları ile ilgilidir. Yazılım sisteminin izin verilen maksimum arıza oranını belirlerler ve tüm sisteme veya ayrı fonksiyonlarından bir veya daha fazlasına etki edebilirler. Verimlilik gereksinimleri ise yazılım sisteminin farklı işlevlerini yerine getirmek için gereken donanım kaynakları ile ilgilidir. İşlem yeteneklerini, depolama kapasitesini ve veri iletişim kapasitesini içerir. Ayrıca, taşınabilir bilgisayarlarda bulunan bilgi sistemi birimleri veya açık havada yerleştirilen meteorolojik birimler gibi sistemin taşınabilir birimlerinin şarj edilmesi arasındaki süreleri ele alır. Bütünlük etkeni ise yazılım sistemi tutarlılığı ile ilgilidir. Yani yetkisiz kişilerin erişimini engellemek, aynı zamanda okuma izni verilecek insan grubu ile yazma izni arasında ayrımı sağlamaktadır. Kullanılabilirlik gereksinimleri, yeni bir çalışan yetiştirmek ve yazılım sistemini operasyonu için gereken personel kaynaklarını belirtmektedir.

### **Ürün Revizyon Faktörleri**

Ürün revizyon faktörlerinin başında bakım gelmektedir. Bu faktör, yazılım arızalarının nedenlerini belirlemek, hataları düzeltmek ve düzeltmelerin başarısını doğrulamak için kullanıcılar ve bakım personeli tarafından göz önünde bulundurulmuş gereksinimleri kapsamaktadır. Bu bölüm altındaki esneklik faktörü, yazılımın uyarlanabilir bakım faaliyetlerini desteklemek için gereken çalışmaları ele almaktadır. Bunlar, mevcut yazılımı ek koşullara uyarlamayı içerir. Bu faktörün gereklilikleri, hizmeti iyileştirmek ve firmanın teknik veya ticari ortamındaki değişikliklere yönelik yapılan değişiklikler ve eklemeler gibi bakım faaliyetlerini içermektedir. Son olarak test edilebilirlik gereklilikleri, yazılım sisteminin test edilmesinin yanı sıra çalışması ile de ilgilidir. Sistemin tüm bileşenlerinin çalışır durumda olup olmadığını tespit etmek ve tespit edilen hatalar hakkında bir rapor almak için önceden tanımlanmış ara sonuçları, günlük dosyalarını ve ayrıca yazılım sistemi tarafından sistemin başlatılmasından önce yapılan otomatik yapılandırmayı içerir. Bu gereksinimlerin bir başka türü, yazılım arızalarının nedenlerini tespit etmek için bakım teknisyenleri tarafından uygulanan otomatik tanı kontrolleri ile ilgilidir.

### **Ürün Geçiş Faktörleri**

McCall'ın modeline göre, yazılımın diğer ortamlara uyarlanması ve diğer yazılım sistemleriyle etkileşimi ile alakalı kategoridir. Taşınabilirlik etkeni, bir yazılım sisteminin farklı donanımlardan, farklı işletim sistemlerinden ve diğerlerinden oluşan diğer ortamlara adapte olmasıdır. Yazılım, farklı durumlarda aynı temel özelliğini kullanmaya devam edebilmelidir. Yeniden kullanılabilirlik, hâlihazırda geliştirilmekte olan yeni bir

yazılım projesinde aslında bir proje için tasarlanmış yazılım parçalarının kullanımıyla ilgilidir. Ayrıca gelecekteki projelerin belirli bir parçadan veya hâlihazırda geliştirilen yazılımın bir parçasından yararlanmalarını sağlayabilir. Yazılımın yeniden kullanılmasının geliştirme kaynaklarının daha verimli kullandırması, geliştirme süresini kısaltması ve daha yüksek kalitede parçalar sağlaması beklenir. Birlikte çalışabilirlik gereksinimleri ise, diğer yazılım sistemleriyle veya diğer donanım yazılımı ile ara yüzler oluşturmaya odaklanır.

## YAZILIM KALİTESİ METRİKLERİ

Yazılım kalitesi metrikleri, ürünün, sürecin ve projenin kalite yönlerine odaklanan genel yazılım metriklerinin alt kümesidir. Bu metrikler işlem ve ürün ölçümleriyle, proje ölçümleriyle olduğundan daha yakından ilişkilidir (Kan,2002). Yazılım kalitesi metrikleri ürün kalitesi metrikleri, süreç kalite ölçümleri ve bakım kalitesi metrikleri olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir.

### Ürün Kalitesi Metrikleri

Bu metriklerin başında ortalama hata zamanı gelmektedir. Başarısız süreçler arasında geçen zamandır. Bu metrik çoğunlukla havayolu trafik kontrol sistemleri, savunma gibi güvenlik açısından kritik sistemler ile birlikte kullanılır. Kod satır sayısı ya da fonksiyon sayısı gibi göreceli olarak yazılım büyüklüğü göstergelerine göre hata sayısını ölçmektedir. Dolayısıyla birim başına kod kalitesidir. Bu metrik birçok ticari yazılım sisteminde kullanılır.

Müşterilerin ürünü kullanırken karşılaştıkları hatalara yönelik sorunlarıyla birlikte hataya yönelik olmayan sorunların da ölçülmesi, sorunlar metriği kapsamındadır. Sorunlar metriği genellikle Aylık Kullanıcı Sorunları (Problems per User Month - PUM) cinsinden ifade edilir (Akingbehin,2005). PUM genellikle yazılım piyasaya sürüldükten sonra her ay için ve ayrıca yıl bazında aylık ortalamalar için hesaplanır.

$$PUM = \text{Müşterilerin bir süre boyunca bildirdikleri toplam sorun sayısı (gerçek hata ve hataya yönelik olmayan sorunlar)} + \text{dönem boyunca yazılımın toplam aylık lisans sayısı} \quad (1)$$

Öyle ki,

$$\text{Aylık lisans sayısı} = \text{Yazılımın yükleme lisansı sayısı} \times \text{Hesaplama süresindeki ay sayısı} \quad (2)$$

Müşteri memnuniyeti ise genellikle müşteri anketi verileriyle beş noktalı ölçek üzerinden ölçülür - Çok Memnun, Memnun, Tarafsız, Memnuniyetsiz, Çok Memnuniyetsiz. Ürünün genel kalitesine ve özel boyutlarına olan memnuniyet genellikle çeşitli müşteri anket yöntemleriyle elde edilir.

### Süreç Kalite Ölçütleri

Süreç içi kalite ölçütleri, kuruluşlardaki makine testleri sırasındaki hata takibi ile ilgilidir. Makine testi sırasında hata yoğunluğu ölçütleri, makine testi sırasındaki hata oranı (kodun sistem kütüphanesine bütünleşmesinden sonra test edilmesi) ile alandaki hata oranıyla ilişkilendirilir. Test sırasında yüksek oranlarda hata tespit edilmesi, yazılımın geliştirme sürecinde daha yüksek hataya uğradığının bir göstergesidir. Yazılım hala test edilirken KLOC (kilo lines of code) iyi bir kalite göstergesidir. Aynı geliştirme organizasyonunda bir ürünün sonraki sürümlerini izlemek özellikle yararlıdır.

Makine testi sırasındaki toplam hata yoğunluğunun ölçümü, sadece hataların bir özetini sağlayacaktır. Arızaların varış şeklinin incelenmesi sahadaki farklı kalite seviyeleri hakkında daha fazla bilgi verir. Test aşaması sırasında bildirilen hata bildirimleri veya zaman aralığına göre kusurları, rapor edilen problemler üzerinde problem tespiti yapılırken geçerli olan kusur varış şeklini içerir. Teste ek olarak, tasarım incelemeleri, kod incelemeleri ve testten önce resmi doğrulamalar dâhil olmak üzere geliştirme döngüsünün tüm aşamalarındaki hataları faz temelli hata giderme modelinde izlenir. Programlama hatalarının büyük bir yüzdesi tasarım sorunları ile ilgili olduğundan, tekrar gözden geçirme ve işlevsel doğrulamaların yapılması yazılımdaki hatayı azaltır. Tasarım ve kodlama aşamalarına ilişkin metriklerle ilgili olarak, hata oranlarına ek olarak, birçok geliştirme kuruluşu işlem içi kalite yönetimi için denetim kapsamı ve denetim çabası gibi metrikleri kullanır.

Hata giderme ölçütü, tüm geliştirme süreci için, kod bütünleşmesinden önceki her aşama için hesaplanabilir (Levendel,1990). Metriğin değeri ne kadar yüksek olursa, geliştirme süreci o kadar etkin ve kusurlar o derece az olarak bir sonraki aşamaya geçer. Bu metrik, yazılım geliştirme için hata giderme modelinin anahtar bir kavramıdır

*Hata giderme etkinliği (Defect removal effectiveness – DRE) = (Bir Geliştirme Aşaması Sırasında Kaldırılan Hata / Üründeki Gizli Hatalar) x 100%* (3)

### **Bakım Kalitesi Metrikleri**

Bu aşamada ilk olarak bekleyen işlerin düzeltilmesi işlemi vardır. Düzeltme günlüğü, kusurlu varışların oranı ve bildirilen sorunlara yönelik düzeltmelerin ortaya çıkma oranıyla ilgilidir. Her ayın sonunda veya her hafta kalan basit rapor edilmiş sorun sayısıdır. Bir eğilim grafiği biçiminde kullanarak, bu ölçüm bakım sürecini yönetmek için anlamlı bilgiler sağlanabilir. Bekletme Yönetimi Endeksi (Backlog Management Index - BMI) açık ve çözülmemiş sorunların biriktirme sırasını yönetmek için kullanılır (Lee & Chang, 2013). BMI 100'den büyükse, bu bekletmenin azaldığı anlamına gelir. BMI 100'den az ise, birikimin arttığını gösterir.

*BMI = (Ay İçinde Kapatılan Sorunların Sayısı / Ay İçinde Gelen Sorunların Sayısı) x 100%* (4)

Bakım Yapılabilirlik Endeksi (Maintainability Index - MI) kaynak kodun ne kadar sürdürülebilir (desteklenmesi ve değiştirilmesi) olduğunu ölçen bir yazılım ölçütüdür. Kod Satırı, Döngüsel Karmaşıklık ve Halstead hacminden oluşan faktörlü bir formül olarak hesaplanır.

V = Halstead Hacmi

G = Siklomatik Karmaşıklık

LOC = kaynak satırının kodu (SLOC)

CM = Yorum satırlarının yüzdesi (isteğe bağlı)

Bu ölçümlerden MI hesaplanabilir.

*MI = 171 - 5.2 \* ln (V) - 0.23 \* (G) - 16.2 \* ln (LOC)* (5)

Yanıt süresinin düzeltilmesi metriği genellikle tüm problemlerin açıktan kapanmaya kadar olan ortalama süresi olarak hesaplanır. Kısa düzeltme yanıt süresi, müşteri memnuniyetine yol açar. Düzeltme duyarlılığının önemli unsurları müşteri beklentileri, karşılaştırılan düzeltme süresi ve müşteriye olan bağlılığını yerine getirme becerisidir.

*Yüzde Hatalı Düzeltmelerin Yüzdesi = (Önem seviyesine göre yanıt süresi kıstaslarını aşan düzeltme sayısı / Belirtilen sürede yapılan düzeltme sayısı) x 100%* (6)

Düzeltme kalitesi veya hatalı düzeltmelerin sayısı ise bakım aşaması için bir diğer önemli kalite ölçüsüdür. Düzeltme, bildirilen sorunu çözmediyse veya orijinal sorunu çözerken yeni bir hata oluşturduğunda kusurludur. Hatalı düzeltmeler müşteri memnuniyetine zararlıdır. Arızalı düzeltmelerin yüzdesi, arızalı bir zaman aralığındaki tüm düzeltmelere göre yüzdesidir. Arızalı bir düzeltme, tespit edildiği ay içerisinde ya da düzeltilip teslim edildiği ay içerisinde olmak üzere iki şekilde kaydedilebilir. Birincisi, müşteri ölçüsüdür; ikincisi bir süreç ölçüsüdür. İki tarih arasındaki fark, arızalı düzeltmenin gizli süresidir. Genellikle gecikme süresi uzadıkça, etkilenen müşteriler o kadar fazla olur. Hata sayısı yüksekse, yüzde metrik değerinin küçük değeri iyimser bir resim gösterecektir. Bakım işleminin kalite hedefi elbette sıfır hatalı düzeltmelerdir.

### **YAZILIM ÖLÇÜMÜ**

Yazılım mühendisliğinde, süreçler, ürünler ve kaynaklar olmak üzere üç ana unsur vardır. Süreçler, yazılımla ilgili faaliyetlerin toplamını gösterir. Doğrudan bir işlem için ölçülebilen dâhili nitelikler arasında, sürecin veya faaliyetlerinden birinin süresini ölçmek gelmektedir. Diğer bir dâhili nitelik ise, süreçle veya faaliyetlerinden biriyle ilişkili emeğin ölçümüdür. Son olarak süreç ya da faaliyetlerinden biri sırasında ortaya çıkan belirli türde olayların sayısının ölçümü de dâhili nitelikler arasında bulunmaktadır. Harici nitelikler ise maliyet, kontrol edilebilirlik, etkinlik, kalite ve istikrardır.

Ürünler, yalnızca yönetimin sağlamayı taahhüt ettiği ürünler değil aynı zamanda yazılım ömrü boyunca üretilen herhangi bir eser veya belgelerdir. Ürün özellikleri içerisinde boyut, işgücü, maliyet, özellik, uzunluk, işlevsellik, modülerlik, yeniden kullanımlar sayılabilir. Bu özellikler arasında işgücü ve maliyet ölçmek diğerlerinden daha kolaydır. Bunların yanında kullanılabilirlik, bütünlük, verimlilik, test edilebilirlik, yeniden kullanılabilirlik, taşınabilirlik ve birlikte çalışabilirlikte ürüne ait özellikler kapsamındadır. Bu özellikler sadece kodu değil aynı zamanda geliştirmeyi destekleyen diğer belgelerinde hazırlanmasını sağlar (Akman&Karakoç, 2005).

Kaynaklar bir işletmenin sahip olduğu varlıklardır. Yazılım üretimi için herhangi bir girdiyi, personeli, malzemeleri, araçları ve yöntemleri içerir. Kaynaklar için dâhili özellikler için yaş, fiyat, boyut, hız, hafıza boyutu, sıcaklık sayılabilirken harici özelliklerse verimlilik, deneyim, kalite, kullanılabilirlik, güvenilirlik, konfor olabilir (Ural et al.2018).

Belirli bir ölçüm, yalnızca işlemi veya bunun sonuçta ortaya çıkan ürünlerinden birini anlamaya yardımcı olması durumunda faydalı olacaktır. Süreç veya ürünlerdeki iyileşme, yalnızca proje süreçleri ve ürünler için açıkça hedefler belirlediğinde gerçekleştirilebilir. Süreç vade çerçevesi bağlamında, belirli bir proje için önerilen ölçütleri oluşturmak için hedeflerin açık bir şekilde anlaşılması kullanılabilir. Hedef – Soru – Metrik ( Goal–Question–Metric GQM) değerlendirmesi, geliştirme veya bakım projesinin ana hedeflerini listelenmesi, hedeflere ulaşıp ulaşılmadığını belirlemek için cevaplanması gereken her hedeften soruların türetilmesi ve soruları doğru bir şekilde cevaplayabilmek için neyin ölçülmesi gerektiğine karar verilmesi adımlarını içeren bir çerçeve sunmaktadır. GQM ölçütlerini kullanmak için önce kuruluşun genel hedeflerini ifade edilir. Daha sonra, soruların cevapları değerlendirilir ve böylece hedeflere ulaşıp ulaşılmadığını belirlenir. Her bir soruyu cevaplamak için hangi ölçüme ihtiyaç olduğunu incelenir. Tipik hedefler verimlilik, kalite, risk, müşteri memnuniyeti vb. ile ifade edilir. Hedeflerin, soruların ve metriklerin oluşturulmasına yardımcı olmak için Basili ve Rombach (1994) bir dizi şablon sunmuştur.

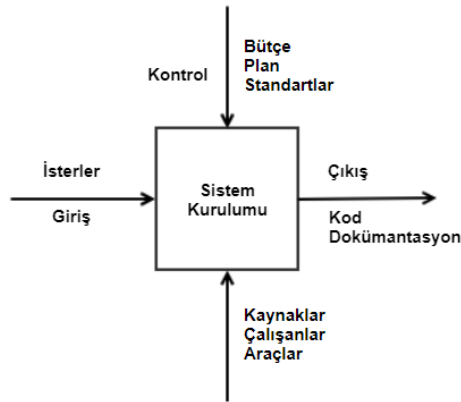
Ölçüm ve süreç iyileştirme işlemlerinde olgunluk seviyesine göre, ölçüm tipi ve ölçüm programları farklı olacaktır. Aşağıda her olgunluk seviyesinde uygulanabilecek farklı ölçüm programları verilmiştir

#### Seviye 1: Özel

Bu seviyede, çıktılar beklendiği halde girdiler tanımlanmamıştır. Girdilerden çıktılara geçiş tanımsız ve kontrolsüzdür. Bu seviye için, bir başlangıç noktası sağlamak üzere temel ölçümlere ihtiyaç vardır.

#### Seviye 2: Tekrarlanma

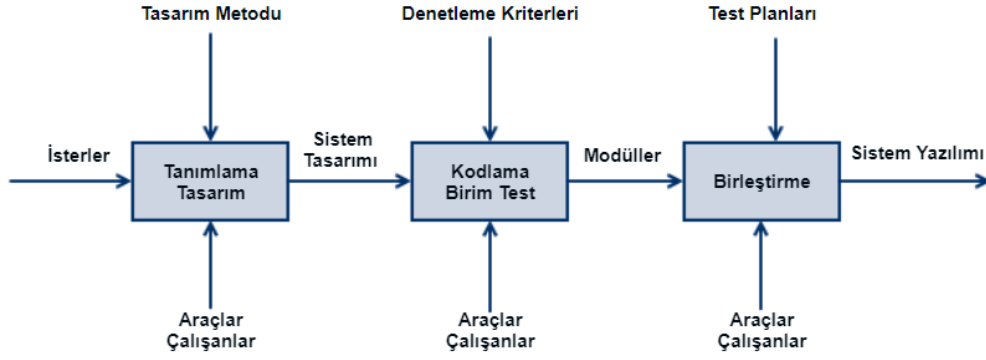
Bu seviyede, sürecin girdi ve çıktıları, kısıtlamaları ve kaynakları tanımlıdır. Tekrarlanabilir bir işlem Şekil 1'de gösterilmiştir. Giriş ölçütleri, gereksinimlerin büyüklüğü ve değişkenliği olabilir. Çıktı ise sistemin büyüklüğü, personelin çalışma verimi, maliyet ve zaman kısıtlamaları ile ölçülebilir.



Şekil 1. Tekrarlanabilir İşlemler

#### Seviye 3: Tanımlanma

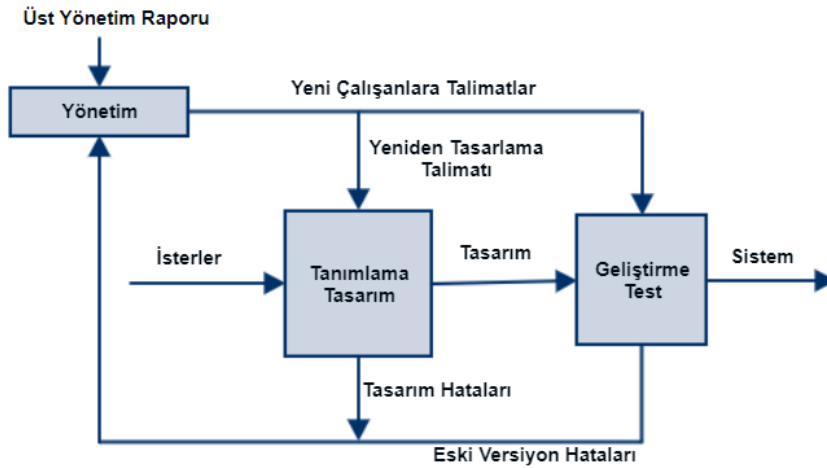
Bu seviyede, ara faaliyetler tanımlanır. Bu faaliyetlere bağlı giriş ve çıkışları bilinip anlaşılır. Tanımlanan işlemin basit bir örneği aşağıdaki şekilde açıklanmıştır. Ara faaliyetlerden girdi ve çıktılar incelenebilir, ölçülebilir ve değerlendirilebilir.



Şekil 2. Süreçlerdeki Giriş ve Çıkış Nitelikleri

#### Seviye 4: Yönetilme

Bu seviyede, önceki proje faaliyetlerinden gelen geri bildirimler mevcut faaliyetler için ve daha sonra proje faaliyetlerinde öncelikler belirlemek için kullanılabilir. Süreç faaliyetlerinin etkinliğini ölçülebilir. Ölçüm, genel sürecin ve ana faaliyetler arasındaki etkileşimin özelliklerini yansıtır.



Şekil 3. Geri Bildirime Dayanarak Yönetilme Süreci

#### Seviye 5: Optimize Etme

Bu düzeyde, faaliyetlerden alınan ölçümler, süreç faaliyetlerini kaldırmak veya eklemek suretiyle yapıyı dinamik olarak değiştirerek süreci iyileştirmek için kullanılır. Bu nedenle, süreç değişikliği süreci ve organizasyonun yapısını değiştirebilir.

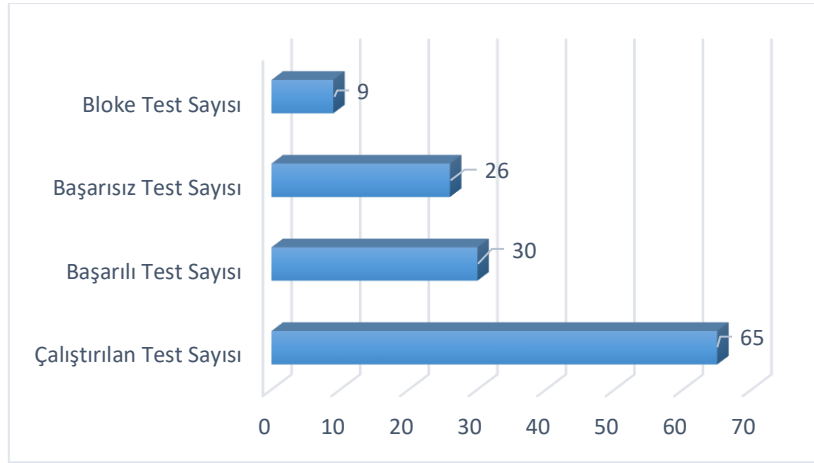
### MATERYAL VE METOD

Bir örnek çalışma olarak, Android uygulamaları ve kullanıcı geri bildirim verisi (Grano et al.,2017) üzerinden hesaplamalar yapılmıştır.

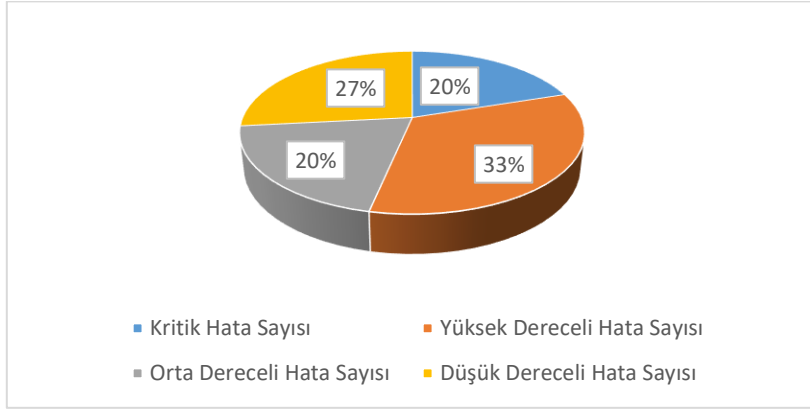
**Tablo 1.** Test Metrikleri ve Veri Sayısı

Test Ölçütü	Geliştirme ve Çalışma Zamanındaki Veri Sayısı
Gereksinimlerin Sayısı	5
Gereksinim Başına Yazılan Ortalama Test Sayısı	20
Bütün Gereksinimler İçin Yazılan Testlerin Toplamı	100
Çalıştırılan Test Sayısı	65
Başarılı Test Sayısı	30
Başarısız Test Sayısı	26
Bloke Test Sayısı	9
Çalıştırılmayan Test Sayısı	35
Tanımlanan Toplam Hata Sayısı	30
Kritik Hata Sayısı	6
Yüksek Dereceli Hata Sayısı	10
Orta Dereceli Hata Sayısı	6
Düşük Dereceli Hata Sayısı	8
Son Kullanıcı Hata Sayısı	5

Android, yaklaşık% 80 pazar payıyla en popüler mobil platformu temsil etmektedir. Kullanıcı incelemelerinde ve mobil uygulamaların kod değişikliği geçmişinde yer alan verilerin, yazılım bakım ve geliştirme çabalarını azaltmak ve müşterilerin memnuniyetini artırmak için zengin bir bilgi kaynağı olmuştur. Bu gözlemden yola çıkarak, kullanıcıların uygulamalar hakkında bildirdiği geri bildirim türlerine genel bir bakış sağlayan ve ilgili kod metriklerinin evrimini belgeleyen 23 farklı uygulama kategorisine ait geniş bir Android uygulama veri seti kullanılmıştır. Veri kümesi, yaklaşık 600 versiyon, 280.000 kullanıcı incelemesi ve 450.000'den fazla kullanıcı geri bildirimini dahil olmak üzere yaklaşık 395 F-Droid deposunun uygulamasını içermektedir.



**Şekil 4.** Test Sayıları



Şekil 5. Hata Oranları

Bu veri seti, F-Droid'den çıkarılmış 395 açık kaynaklı uygulama ile ilgili Google Play'den elde edilen 288.065 yorum içermektedir. Veri seti içindeki ilgili değerler SQL (structured query language) ile elde edilmiştir. Veri tabanı ilişkisel bir yapıda olup, 6 adet tablo içermektedir. Ayrıca, veri setindeki her uygulama sürümü için Paprika aracını kullanılmış ve 8 farklı kod yapısını algılamak ve 22 kod kalitesi göstergesi hesaplamak için birkaç Python komut dosyası geliştirilmiştir.

Tablo 2. Hesaplama Sonuçları

Çalıştırılan Testlerin Yüzdesi	$(\text{Çalıştırılan Test Sayısı} / \text{Toplam Test Sayısı}) \times 100$	$(65/100) \times 100 = 65\%$
Çalıştırılmayan Testlerin Yüzdesi	$(\text{Çalıştırılmayan Test Sayısı} / \text{Toplam Test Sayısı}) \times 100$	$(35/100) \times 100 = 35\%$
Başarılı Testlerin Yüzdesi	$(\text{Başarılı Test Sayısı} / \text{Çalıştırılan Test Sayısı}) \times 100$	$(30/65) \times 100 = 46\%$
Başarısız Testlerin Yüzdesi	$(\text{Başarısız Test Sayısı} / \text{Çalıştırılan Test Sayısı}) \times 100$	$(26/65) \times 100 = 40\%$
Bloke Testlerin Yüzdesi	$(\text{Bloke Test Sayısı} / \text{Çalıştırılan Test Sayısı}) \times 100$	$(9/65) \times 100 = 14\%$
Hata Yoğunluğu	$(\text{Tanımlanan Hata Sayısı} / \text{Gereksinim Sayısı})$	$(30/5) = 6$
Arıza Giderme Verimliliği	$(\text{Tanımlanan Hata Sayısı} / (\text{Tanımlanan Hata Sayısı} + \text{Son Kullanıcı Hata Sayısı})) \times 100$	$(30 / (30+5)) = 85\%$
Kritik Hataların Yüzdesi	$(\text{Kritik Hata Sayısı} / \text{Toplam Hata Sayısı}) \times 100$	$(6/30) \times 100 = 20\%$
Yüksek Dereceli Hataların Yüzdesi	$(\text{Yüksek Dereceli Hata Sayısı} / \text{Toplam Hata Sayısı}) \times 100$	$(10/30) \times 100 = 33\%$
Orta Dereceli Hataların Yüzdesi	$(\text{Orta Dereceli Hata Sayısı} / \text{Toplam Hata Sayısı}) \times 100$	$(6/30) \times 100 = 20\%$
Düşük Dereceli Hataların Yüzdesi	$(\text{Düşük Dereceli Hata Sayısı} / \text{Toplam Hata Sayısı}) \times 100$	$(8/30) \times 100 = 27\%$

## SONUÇ

Kullanılan veri seti, bu uygulamaların 629 sürümünün kod kalitesi göstergeleri de dâhil olmak üzere F-Droid deposundan 395 farklı uygulamadan oluşmaktadır. Ayrıca, bu sürümlerin her biriyle ilgili uygulama incelemelerini de içermektedir. Otomatik olarak, kullanıcı geri bildirim türlerini bir yazılım bakımı ve evrim bakış açısıyla sınıflandırılmıştır. Geliştiricilerin mobil uygulamaların daha hızlı ve daha verimli bir şekilde gelişmesini ve sürdürülmesini destekleyerek kullanıcıların memnuniyetini artırmayı desteklemeye yönelik gelecekteki araştırmaları sağlamak için toplam 288.065 kullanıcı yorumu ve 450.000'den fazla kullanıcı geri bildirimini mevcuttur. Sağlanan veriler, yalnızca bireysel uygulamalara bakmakla kalmayıp aynı zamanda bir araya getirme yöntemlerini analiz etmekle toplanan çeşitli veri ölçümleri arasındaki potansiyel ilişkilimleri anlamak için de faydalıdır. Yapılan ölçümlerde arıza giderme verimliliği %85 olarak ölçülmüştür.



Yazılımların nicel metriklerle dayandırılarak ölçülmesi, tüm sürecin ayarlanması, değerlendirilmesi ve geliştirilmesi işlemlerine dayanarak yapılan bir işlemdir. Bu metrikler, yazılım kalitesini arttırmak için farklı modellerde kullanılabilir. Böylece kuruluş için daha iyi verimli bir geliştirme süreci sağlanabilir ve hedef çıktılara yönelik daha iyi bir süreç oluşturulabilir. Metriklerin belirlenmesinde kalite maliyetlerinin yanlış veya eksik tanımlanması karşılaşılabilecek en büyük zorluk olarak gözükmektedir. Bu çalışmada, yazılım kalite ölçülmesinde sıklıkla kullanılan metrikler tanıtılmış ve basitleştirilmiş örnek bir veri seti üzerinde gösterilmiştir. Hedef çıktılar iyi tanımlanmış olan metriklerle yapılmış olan değerlendirmeler, kuruluşların yazılım süreçlerini, ürün ve müşteri hizmetlerini iyileştirmek için ihtiyaç duydukları bilgileri bulmalarına yardımcı olabilir.

## KAYNAKLAR

- Akingbehin, K. (2005, July). Taguchi-based metrics for software quality. In Fourth Annual ACIS International Conference on Computer and Information Science (ICIS'05) (pp. 713-716). IEEE.
- Akman, G., & Karakoç, Ç. (2005). Yazılım geliştirme prosesinde kısıtlar teorisinin düşünce süreçlerinin kullanılması. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(7), 103-122.
- Basili, V. R., Caldiera, G., & Rombach, H. D. (1994). The Experience Factory, *Encyclopedia of Software Engineering*. Wiley, 469-476.
- Binanto, I., Warnars, H. L. H. S., Gaol, F. L., Abdurachman, E., & Soewito, B. (2018, March). Measuring the quality of various version an object-oriented software utilizing CK metrics. In 2018 International Conference on Information and Communications Technology (ICOIACT) (pp. 41-44). IEEE.
- Derezińska, A. (2018, April). Metrics in software development and evolution with design patterns. In *Computer Science On-line Conference* (pp. 356-366). Springer, Cham.
- Deutsch, M. S., & Willis, R. R. (1988). *Software quality engineering: a total technical and management approach*. Prentice-Hall, Inc.
- Evans, M. W., & Marciniak, J. J. (1987). *Software quality assurance & management*. Wiley-Interscience.
- Grano, G., Di Sorbo, A., Mercaldo, F., Visaggio, C. A., Canfora, G., & Panichella, S. (2017, September). Android apps and user feedback: a dataset for software evolution and quality improvement. In *Proceedings of the 2nd ACM SIGSOFT International Workshop on App Market Analytics* (pp. 8-11).
- Kan, S. H. (2002). *Metrics and models in software quality engineering*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., In
- Kıral, A. (2019). *Yazılımların bakım kolaylığı ölçümü için yazılım ölçütleri önerisi* (Master's thesis, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kini, S. O., & Tosun, A. (2018, September). Periodic Developer Metrics in Software Defect Prediction. In 2018 IEEE 18th International Working Conference on Source Code Analysis and Manipulation (SCAM) (pp. 72-81). IEEE.
- Lee, M. C., & Chang, T. (2013). Software measurement and software metrics in software quality. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 7(4), 15-34.
- Levendel, Y. (1990). Reliability analysis of large software systems: Defect data modeling. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 16(2), 141-152.
- McCall, J. A., Richards, P. K., Walters, G. F. *Factors in Software Quality, Volumes I, II, and III*. US Rome Air Development Center Reports, US Department of Commerce, USA, 1977.
- Moorthi, J., Thorpe, C. A., & Josephson, W. (2018). U.S. Patent No. 9,898,393. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Padhy, N., Singh, R. P., & Satapathy, S. C. (2018). Software reusability metrics estimation: algorithms, models and optimization techniques. *Computers & Electrical Engineering*, 69, 653-668.
- Pressman, R. S. (2005). *Software engineering: a practitioner's approach*. Palgrave Macmillan.
- Ronchieri, E., Pia, M. G., & Giacomini, F. (2016). Software quality metrics for geant4: An initial assessment. *arXiv preprint arXiv:1608.02008*.
- Saini, V., Sajjani, H., & Lopes, C. (2016, October). Comparing quality metrics for cloned and non cloned java methods: A large scale empirical study. In 2016 IEEE International Conference on Software Maintenance and Evolution (ICSME) (pp. 256-266). IEEE.
- Staron, M., & Meding, W. (2017, January). A portfolio of internal quality metrics for software architects. In *International Conference on Software Quality* (pp. 57-69). Springer, Cham.

- Tsunoda, T., Washizaki, H., Fukazawa, Y., Inoue, S., Hanai, Y., & Kanazawa, M. (2019). Metrics to Predict Future Modifications and Defects Based on Software Requirements Specifications. *IEIE Transactions on Smart Processing & Computing*, 8(3), 210-218.
- Ural, E., Umut, T., & Feza, B. (2008). Nesneye dayalı yazılım metrikleri ve yazılım kalitesi. *Yazılım Kalitesi ve Yazılım Geliştirme Araçları Sempozyumu*.
- Yadav, H. B., & Yadav, D. K. (2017). Early software reliability analysis using reliability relevant software metrics. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 8(4), 2097-2108.

## Inhibitory effects of ethanolic extracts of yarrow against *Escherichia coli* O157:H7 at different incubation temperatures

Sabire Yerlikaya (ORCID:0000-0001-9842-5848), \*Nur Özkaya (ORCID:0000-0002-5288-5416), Hanife Şimşek (ORCID:0000-0001-6493-7773), Kader Avcı (ORCID: 0000-0003-2023-1634), Hülya Şen Arslan (0000-0002-1662-2942)

Karamanoğlu Mehmetbey University, Engineering Faculty, Food Engineering Department, Karaman, Turkey

\*Corresponding author e-mail: nurozkaya123@gmail.com

### Abstract

In this study, the inhibitory effects of different concentration of (0%, 5%, 10%) ethanolic extract of yarrow (EEY) on the survival of *Escherichia coli* O157:H7 was investigated in three different incubation temperatures (4°C, 25°C and 37°C). After *Escherichia coli* O157:H7 has been activated in broth medium, samples were firstly divided into four groups. First group was the control samples (has *Escherichia coli* O157:H7 without EEY), the second group was inoculated with 70% ethanol (EA), the third and fourth group were inoculated with ethanolic extract of yarrow 5% and 10% respectively. All treatments were incubated at 4°C, 25°C and 37°C for 15 minutes, separately. All EEY concentrations significantly ( $P < 0.05$ ) reduced the numbers of *E. coli* O157:H7 in broth medium compared with the control samples. It was calculated 9.45 cfu/ml *E. coli* O157:H7 in control samples. It was found that; 10% EEY at 4°C was the most effective (4.70 cfu/ml) and EA at 37 °C ( 5,74 cfu/ml) is the less effective on the pathogen. It has been seen ethanolic extract of yarrow has shown the highest inhibitory activity at 4°C compared with 25°C and 37°C. 10% EEY also has more inhibitory effect on *Escherichia coli* O157:H7 than 5% EEY. The results of this study indicate that EEY as a natural food preservative may be used to effectively reduce microbial population.

**Keywords:** *Escherichia coli* O157:H7, ethanolic extract of yarrow, incubation

### INTRODUCTION

Yarrow (*Achillea millefolium*) is a widely used herb in alternative medicine. It has been reported that yarrow, which contains more than a hundred biological active compounds in its structure, contains monoterpenes, sesquiterpenes, flavonoids and caffeolquinic acid derivatives (Nemeth and Bernath, 2008).

Yarrow has about 85 species, mostly found in Europe and Asia (Könemann, 1999). Forty varieties of yarrow species is widespread in Turkey (Davis, 1982). Yarrow is used as an appetizer, wound healing, diuretic, carminative or menstrual regulator in folk remedies (Baytop, 1999).

Yarrow (*Achillea millefolium*) is a plant with a wide distribution in the northern hemisphere and Turkey. Some Achillea species have been found to have antispasmodic, anti-inflammatory, and antimicrobial properties. These pharmacological properties are believed to be due to flavonoid and phenolcarbonic acid complexes (Benedek et al., 2007).

In various studies, flavonoids and kaffeic acid derivatives were identified as a result of phytochemical analysis of yarrow (Benedek et al., 2007). In studies on the bioactivity of this plant, it has been stated that the yarrow extract has antimicrobial, antiphlogistic (reducing inflammation) and hepatoprotective activities (Yoshida and Takagi, 1999). Antioxidant activities of phenols and other compounds in the structure of yarrow have been reported as a result of researches (Visioli et al., 1998).

The temperature of the environment has a great effect on the growth of microorganisms. Microorganisms can generally grow and reproduce within temperature limits (minimal and maximal) specific to their species. These limits include the optimal temperature at which breeding occurs best. It is observed that reproduction slows down from this suitable temperature towards the minimum or maximum, and reproduction stops when these limits are exceeded. While the optimal temperature for *Escherichia coli* O157:H7 is 37 °C, the minimal and maximal temperatures are 8 °C and 47 °C, respectively (Arda,2000).

In this study, *Escherichia coli* O157:H7 inhibition effect of yarrow ethanolic extract at different incubation temperatures and different concentration was investigated.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

The yarrow (*Achillea millefolium*) used in the study was obtained from an organic products company in Konya and brought to the laboratory of the Department of Food Engineering of Karamanoğlu Mehmetbey University under aseptic conditions.

### Methods

#### Ethanollic yarrow (*Achillea millefolium*) extracts

For 5% ethanollic plant extract, 10 g of plants were incubated in 95 ml ethanol; for 10% ethanollic plant extract, 20 g of plants were incubated in 90 ml of ethanol in a shaking water bath at 65°C for 1 hour by shaking. The extracts from the water bath were filtered through a coarse filter paper and collected into a flask. The part remaining on the filter paper was re-placed in voluminous bottles and 95 ml ethanol for 5%; 90 ml ethanol for 10% was added and it was extracted at 65°C for 1 hour. Each sample was filtered and transferred to extracts previously collected in a flask. The extracts obtained were stored at -18°C until they were used in experiments (Şen Arslan, 2017).

#### *E.coli* O157:H7 inhibition

*E.coli* O157:H7 was prepared at a concentration of 9,45 cfu / ml in 10 ml liquid medium. 1 ml of 5% yarrow, 10% yarrow and 70% ethanol was added separately. It was incubated at 4°C, 25°C and 37°C for 15 minutes separately. Appropriate dilutions were inoculated on petri dishes with Eosin Methylen-blue Lactose Sucrose Agar (EMB) for enumeration *E.coli* O157:H7 using spread plate method. It was incubated at 37°C for 24 hours (AOAC, 2000).

#### Statistical analysis

The results were analyzed statistically using SPSS 22 (IBM Corp., Armonk, New York, USA) program. Sample means were compared using One Way ANOVA and were evaluated with Duncan test from Post Hoc Test (Şen Arslan, 2017).

## RESULTS and DISCUSSION

The effects of different concentration and different incubation temperatures of yarrow ethanollic extract on *E. coli* O157:H7 inhibition were statistically significant ( $p < 0.05$ ). Table 1 shows the results of the Duncan Test for *E. coli* O157:H7 inhibition values.

**Table 1.** Inhibition effect of different yarrow concentration and different incubation temperature on *E.coli* O157:H7

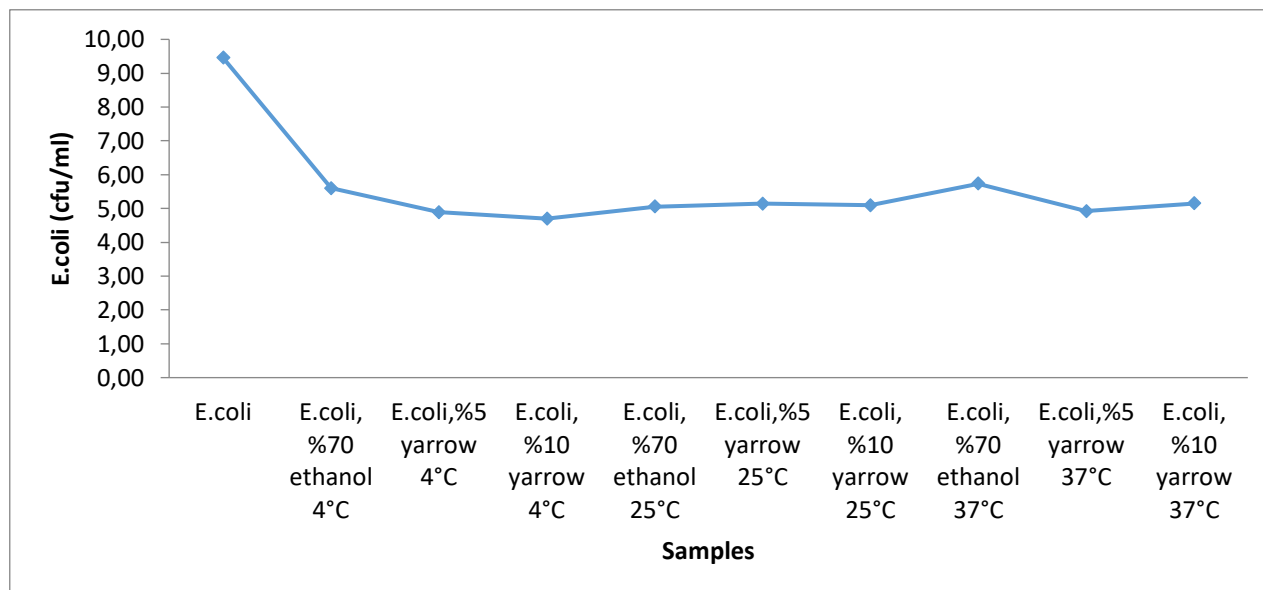
Factor	Incubation temperature	Colony kob/ml
<i>E.coli</i> O157:H7		9,46 <sup>a</sup> ± 0,05
<i>E.coli</i> O157:H7, 70% ethanol	4°C	5,60 <sup>b</sup> ± 0,13
<i>E.coli</i> O157:H7, 5% yarrow	4°C	4,89 <sup>c</sup> ± 0,14
<i>E.coli</i> O157:H7, 10% yarrow	4°C	4,70 <sup>f</sup> ± 0,05
<i>E.coli</i> O157:H7, 70% ethanol	25°C	5,05 <sup>cde</sup> ± 0,17
<i>E.coli</i> O157:H7, 5% yarrow	25°C	5,15 <sup>c</sup> ± 0,02
<i>E.coli</i> O157:H7, 10% yarrow	25°C	5,10 <sup>cd</sup> ± 0,23
<i>E.coli</i> O157:H7, 70% ethanol	37°C	5,74 <sup>b</sup> ± 0,04
<i>E.coli</i> O157:H7, 5% yarrow	37°C	4,92 <sup>de</sup> ± 0,09
<i>E.coli</i> O157:H7, 10% yarrow	37°C	5,15 <sup>c</sup> ± 0,07

(Comparison of the means of 4-replicate data with Duncan multiple comparison tests shows that there is a significant difference between the letters on the means. ( $p < 0.05$ )).

As seen in Figure 1 all yarrow extracts and ethanol significantly reduced *E. coli* O157:H7 numbers in broth compared to control samples ( $p < 0.05$ ). In the control samples, 9.45 cfu / ml was calculated as *E. coli* O157:

H7. The most effective temperature of 10% yarrow extract (4.70 cfu / ml) is 4°C on the pathogen and the least effective temperatures is 37°C (5.74 cfu / ml).

It was observed that the ethanolic extracts of yarrow showed the highest inhibitory activity at 4°C compared to 25°C and 37°C. The 10% extract has a more inhibitory effect on *Escherichia coli* O157: H7 than the 5% extract. The results of this study show that yarrow, as a natural food preservative, can be used to effectively reduce the microbial population of *E.coli* O157:H7.



**Figure 1.** Effect of extracts on inhibition levels of *E.coli* O157:H7

The effect of yarrow on *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Proteus mirabilis*, *Salmonella typhimurium*, *Citrobacter freundii*, *Candida albicans* and *Aspergillus fumigatus* microorganisms (Kazemi, 2015) was investigated. Kazemi (2015) found that fungi were more susceptible than bacteria and yarrow showed higher antibacterial activity compared to the antibiotics tested (ampicillin and fluconazole).

It has been found by many researchers that essential oils obtained from various yarrow species have antifungal, antibacterial and antimicrobial effects (Tuberoso et al., 2005; Filippi et al., 2006; Kordali et al., 2009; Demirci et al., 2011).

## CONCLUSION

Conscious food consumption increases proportionally as the conscious consumer increases. For this reason, the demand for safe food is constantly increasing. Pathogens are undesirable microorganisms in foods. One of the basic conditions in producing safe food is to destroy pathogenic microorganisms in foods. It is preferred to use natural foodstuffs pathogen inhibitory substances. For this purpose, yarrow, known as a powerful antimicrobial agent, was used in this study.

According to this study, it is seen that the inhibitory effect of 10% yarrow extract on *E.coli* O157:H7 is more than ethanolic extract and 5% yarrow extract. Different incubation temperatures were observed to be important in *E. coli* O157:H7 inhibition.

Yarrow is widely grown in many countries. It attracts the attention of researchers because it is both natural and accessible. Its use as a pathogen inhibitor is thought to increase over time.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Coordinating Office for Scientific Research Projects (KMUBap, Karaman/Turkey) for providing support for this research.

## REFERENCES

- AOAC 2000. Official Methods of Analysis (18th ed.). Arlington, VA, Association of Official Analytical Chemists.
- Arda, M., 2000. 'Temel Mikrobiyoloji', Medisan Publications No;46, Ankara.
- Baytop, T. (Ed.), 1999. 'Türkiye'de bitkiler ile tedavi (treatment with plants in Turkey)'. Istanbul University Publications No.: 3255:40, Istanbul, p. 176.
- Benedek B, Gjoncaj N, Saukel J, Kopp B. Distribution of phenolic compounds in middleeuropean taxa of the *Achillea millefolium* L. aggregate. *Chemistry and Biodiversity*, 2007, 4: 849-857.
- Davis, P.H., 1982. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, vol.5. University Press, Edinburgh, p. 244.
- Demirci, F., Kiyani, H.T., Demirci, B., Baser, K.H.C., 2011. The in vivo angiogenic evaluation of *Achillea biebersteinii* Afan. and *Achillea teretifolia* Wild. Essential oils. *Planta Medica*. 77 (12), 1391
- Filippi, J.J., Lanfranchi, D.A., Prado, S., Baldovini, N., Meierhenrich, U.J., 2006. Composition, enantiomeric distribution, and antibacterial activity of the essential oil of *Achillea ligustica* All. from Corsica. *J. Agric. Food Chem.* 54, 6308–6313
- Kazemi, M., 2015. Chemical composition and antimicrobial, antioxidant activities and anti-inflammatory potential of *Achillea millefolium* L., *Anethum graveolens* L., and *Carum copticum* L. essential oils. *Journal of Herbal Medicine* 5, 217–222.
- Kordali, S., Cakir, A., Akcin, T.A., Mete, E., Akcin, A., Aydin, T., et al., 2009. Antifungal and herbicidal properties of essential oils and n-hexane extracts of *Achillea gypsicola* Hub-Mor. and *Achillea biebersteinii* Afan. (Asteraceae). *Ind. Crop Prod.* 29, 562–570
- Könemann, 1999. *Botanica: The Illustrated A-Z of over 10,000 Garden Plants and How to Cultivate Them*. Gordon Cheers Publication, Hong Kong, pp. 51–53.
- Nemeth E, Bernath J. Biological activities of yarrow species (*Achillea* spp.). *Current Pharmaceutical Design*, 2008, 14: 3151-3167.
- Şen Arslan H 2017. 'Bazı tıbbi aromatik bitki ekstraktlarının fenolik madde içerikleriyle amilaz, glukozidaz ve lipaz enzimleri üzerine etkileri'. Erciyes University, Institute of Science, Master's thesis, Kayseri.
- Tuberoso, C.I.G., Kowalczyk, A., Coroneo, V., Russo, M.T., Dessi, S., Cabras, P., 2005. Chemical composition and antioxidant, antimicrobial, and antifungal activities of the essential oil of *Achillea ligustica* All. *J. Agric. Food Chem.* 53:(26), 10148–10153.
- Visioli F, Bellomo G, Galli C. Free radical-scavenging properties of olive oil polyphenols. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 1998, 247: 60-64.
- Yoshida H, Takagi S. Antioxidative effects of sesamol and tocopherols at various concentrations in oils during microwave heating. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1999, 79: 220-226.

## Investigation of LPG Usage in Direct Injection Gasoline Engines with Fuel Stratified Injection

Fatih Aydın<sup>1\*</sup>, Sena Nur Katırcı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Energy Systems Engineering, Konya, Turkey

<sup>2</sup>Necmettin Erbakan University, The Graduate School of Natural and Applied Science, Department of Energy Systems Engineering, Konya / Turkey.

\*Corresponding author e-mail: fatihaydin@erbakan.edu.tr

### Abstract

The fact that Euro emission standards have to be met by engine manufacturers has made progress in the fuel and electronic systems of the internal combustion engine technology.

In parallel with these developments, engine and vehicle weights have decreased, the desire to obtain higher power and torque from smaller engine volumes and the necessity to provide better fuel economy in urban and extra-urban use has emerged. In this study, FSI engine, which has an important place in internal combustion gasoline engine technology, is introduced and the compatibility of this engine with LPG systems is examined. The most important feature that distinguishes the FSI engine from the other engines is that the intake manifold channel works being divided into two by means of a valve. In this way, the engine works in fuel stratified mode (FSI mode) at low loads and low speeds, but it works in homogeneous mode at high speeds like other atmospheric engines. This ensures low fuel consumption, low exhaust emissions and high power and torque. LPG systems, which show parallel developments with the internal combustion gasoline engine technology, developed the mixed LPG system in accordance with FSI engine technology. In this study, mixed LPG system used in engines with direct injection gasoline FSI fuel system was examined and the system was introduced.

**Keywords:** FSI, Stratified Combustion, Mixed LPG, Engine, Fuel.

### INTRODUCTION

For more than a century, there has been a continuous and systematic increase in the energy and economic performance of internal combustion piston engines (Zakharov, et al. 2019).

Starting with the carbureted fuel system in internal combustion engines, the process continues with a single point injection (SPI) engine and then a multipoint injection (MPI) engine. MPI engine technology is supported by turbocharging and has survived until today by achieving high torque and power increase from small engine volumes by means of the engines with more performance and Euro emission standards. The FSI engine is a type of direct injection engine that was present in the system before a gasoline turbocharger. The most important feature that distinguishes the FSI engine from other atmospheric engines is that the intake channel is divided into two compartments by a pressed panel as a top and a bottom.

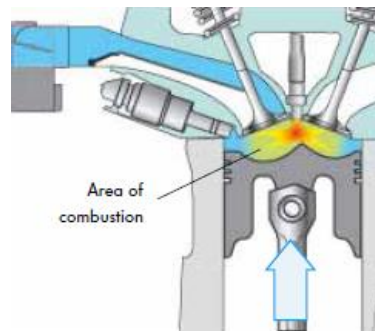
FSI means Fuel Stratified Injection. In a gasoline direct injection system, fuel consumption is reduced by approximately 15% compared to an injection system engine in which the fuel is injected into the intake manifold (Volkswagen AG, 2000). To achieve low fuel consumption and high performance from gasoline direct injection engines, different operating modes are required (Küsell, et al., 1999).

The direct petrol injection system of the FSI engine has two operating modes. These are homogeneous mode and fuel stratified injection (FSI) mode. In both modes, the amount of fuel is optimally adjusted to suit the torque and power demands of the engine (Volkswagen AG, 2000).

The engine management system switches to homogeneous mode at high engine load and speed ranges. Fuel is injected directly into the cylinder during the intake. Here, the fuel mixes homogeneously with the intake air in the entire cylinder, as in other conventional engines. In homogeneous mode, the engine operates at  $\lambda=1$  (lambda ratio). The homogeneous mode is comparable to the operation of an engine with the intake manifold injection system. The main difference is that fuel is injected directly into the cylinder in the gasoline direct injection engine. Throttle valve is opened according to the position of accelerator pedal. After switching from FSI mode to homogeneous mode, the bottom channel in the cylinder head remains closed. The intake air continues to pass over the top of the intake channel. With increased engine load and engine speed, the air mass that can only be induced through the upper channel is no longer sufficient for the engine. In this case, the lower channel

is opened through the valves on the intake manifold cover. Fuel is injected directly into the cylinder during the intake process. Air mixture is formed inside the cylinder. In the combustion chamber,  $\lambda = 1$ . Combustion takes place throughout the combustion chamber (Volkswagen AG, 2000).

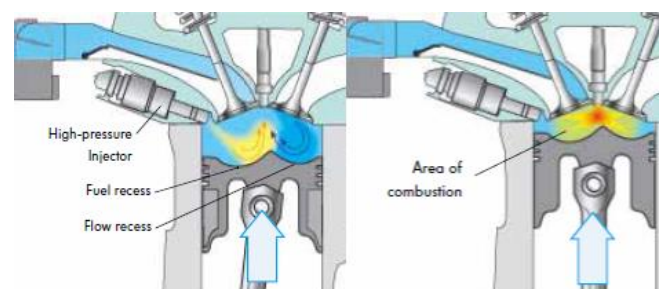
Figure 1 shows the homogeneous combustion process.



**Figure 1.** Homogeneous Combustion Process (Volkswagen AG, 2002).

In FSI mode, the throttle valve opens as wide as possible to minimize throttle valve losses. The valve in the intake manifold closes the lower channel in the cylinder head. Intake air flows more quickly and passes through the upper channel into the cylinders. The vortex motion of the air is increased with the special shape of the piston dome in the cylinder. Fuel is injected into the cylinder in the last third of the compression stroke. Ignition starts approximately to  $60^\circ$  before the top dead center ends. The injection point plays an important role in the position of the atomized mixture around the spark plugs. The injector geometry is such that the atomized mixture will disperse properly. Fuel is injected in the direction of the fuel recess. Fuel is transferred to the spark plugs by the fuel recess and the upward movement of the piston. This process is supported by the vortex motion of the air stream, which also carries fuel to the spark plugs. Fuel mixes with the intake air while going to the spark plugs. In FSI mode, only a crank angle of  $40^\circ$  to  $50^\circ$  is available for mixture formation. This angle is a determining factor affecting the flammability of the mixture. If the time between injection and ignition is shortened, the mixture will not ignite as it is not ready enough. A longer interval will result in more homogenization throughout the combustion chamber. Therefore, a highly flammable atomized mixture is formed around the spark plug in the middle of the combustion chamber. The air-fuel ratio in the combustion chamber is between  $\lambda = 1.6$  and 3. The ignition cycle begins when the air-fuel mixture is placed exactly in the area under the spark plugs. While only the atomized mixture is ignited, other gases act as an insulating envelope. Thus, heat losses in the cylinder wall are reduced and the thermal efficiency of the engine is increased. Due to the time required for mixture formation as a result of the delayed injection endpoint and compression process, the ignition point is located in a narrow crankshaft window (Volkswagen A.G., 2002).

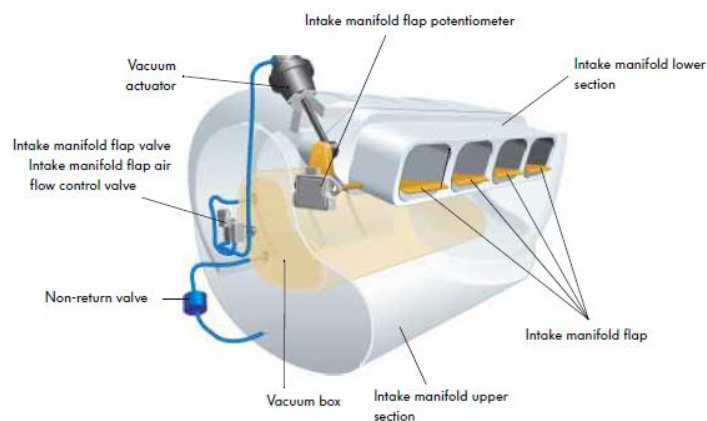
Figure 2 shows FSI mode.



**Figure 2.** Fuel Stratified Injection (Volkswagen A.G., 2002)

FSI engines have an intake manifold cap replacement mechanism. In the process of activating the intake manifold cap, the intake manifold wing is operated and the lower channel in the cylinder head is closed in both FSI mode and homogeneous mode. As a result, the intake air only flows from the upper channel to the cylinder. This channel is designed in such a way that the intake air is fully rolled into the cylinder.





**Figure 3.** Intake Manifold System (Volkswagen A.G., 2002)

Narrow upper channel causes increased flow rate and supports mixture formation. This has two advantages:

In FSI mode, the fuel is transferred to the spark plugs with vortex motion of the air flow. Mixing occurs while going to the spark plugs. In homogeneous mode, the vortex motion of the air flow helps to form the mixture. This results in high flammability and steady combustion of the air / fuel mixture.

If the intake manifold cap is not active, at higher engine loads and speeds, i.e. in homogeneous operating mode, the intake manifold cap does not activate and both channels are open. Larger cross section of the intake channel allows it to draw the air mass required to produce high engine torque and high power outputs (Volkswagen A.G., 2002).

To operate the engine in FSI mode, the fuel should not be injected until the end of the compression process. Several conditions must be met before the engine management system can switch to FSI mode.

These are listed below:

- Engine should be in the relevant engine load and speed ranges,
- There should be no emission related malfunctions in the system,
- Coolant temperature should be above 50 °C,
- The temperature of the NOx storage catalytic converter must be between 250 °C and 500 °C.
- Intake manifold cap must be closed (Volkswagen AG, 2000).

Liquefied petroleum gases (LPG) consist of hydrocarbons such as propane, butane and isomers derived from petroleum or natural gas and liquefied under pressure; or they consist of the mixture of them. LPG may also contain trace amount of methane, ethane, ethylene, pentane and pentene. LPG can be obtained as a direct mixture from oil or natural gas by passing through some processes or by mixing propane and butane in certain proportions. The density of the propane is approximately 0.509 kg / m<sup>3</sup>, the density of the butane is approximately 0.585 kg / m<sup>3</sup>, and the density of the liquid LPG varies depending on its composition. This value is approximately half the density of water. Due to its lower density than the density of the water, liquid LPG dispersed in the medium floats on water. LPG is a gaseous mixture that is heavier than air and its density is approximately 2 times the air. In this respect, it tends to accumulate on the ground when it disperses. It can be dragged to long distances with air flow and accumulate in underground channels and manholes.

LPG is a colorless, odorless, flammable gas that is heavier than air. However, before it is placed on the market, it is significantly aromatized with ether mercaptan or similar fragrances so that the consumers can detect gas leaks.. LPG is in gaseous state under normal conditions. However, it is liquefied under pressure to be filled and stored in tubes and tanks (Anonymous, 2018).

LPG has renewed itself as a system in parallel with the developments and renewals in the gasoline system to prevent power loss and to adapt exhaust emission values to new norms. LPG technologies used in internal combustion engines have 6 types. First generation LPG conversion systems are the simplest systems. The fuel, taken from the fuel tank in liquid form, is sent to the cylinders after being mixed with air by being sent to a gas mixer in the intake manifold with the help of a regulator and evaporator. This system is used for the

conversion of carburetor engines. In the second generation LPG conversion systems, the amount of oxygen in the exhaust gas is measured and the amount of fuel is properly adjusted in the regulator with the help of an electronic control unit. Thus, the air excess coefficient can be kept at stoichiometric value and emission conditions, which are reduced with the help of catalytic converter in the exhaust system, can be fulfilled. In third generation LPG injection systems, the first start of the engine is done with gasoline injection, then the system automatically switches to LPG injection when the engine speed reaches 2000 rpm. There is still a risk of kickback if installed to very new model vehicles. In sequential LPG injection control systems; the most important parts that distinguish sequential systems from conventional conversion systems are an ECU-like control unit used in gasoline vehicles, LPG evaporator / regulator, gas injectors, a collector in which injectors are lined and special cable groups. The gas electronic control unit (ECU) calculates the injection time of each injector singly with great precision for each cylinder. It also ensures that the amount of gas which is needed is sprayed into the cylinders when the suction valve is open, regardless of other injectors (Ayдын and Acaroğlu, 2009).

Fuel is sprayed directly into the combustion chamber in the mixed LPG system. It is suitable for vehicle technologies with Fuel Stratified Injection (FSI). In liquid LPG systems, in a modified system to inject liquid LPG into the engine cylinder under high pressure, gasoline injectors and high pressure fuel pump are used. Liquid LPG system makes the highest use of electronic devices and components in the engine. It enables vehicle drivers to enjoy a high level of driving pleasure (Kırmaz, 2019).

## MATERIALS AND METHODS

One of the LPG system technologies used in vehicles is mixed LPG systems, which are produced only for cars with direct injection engines and are one of the ideal conversion systems in this field where fuel is sprayed directly into the combustion chambers without using the intake manifold.

**Regulator:** Mixed LPG system regulator can be used in internal combustion engines with power up to 400 HP. Regulator pressure range can be adjusted up to 1.7-2.6 bar. No pressure adjustment is required in summer and winter. It has high heat transfer capability. It is integrated with cutter valve and filter. It is integrated with engine coolant water and temperature sensor. It has a compact design for easy assembling. There is a manifold connection to use when needed (Prins, 2020).



Figure 4. Regulator (Prins, 2020)

**Injector:** The mixed LPG system fuel injector is the fastest opening LPG injector in the world with its 1.2 ohm electrical resistance. It provides linear flow even at 2.5 ms. It allows LPG fuel to be injected into the intake manifold. It has high capacity, high performance and long life. It can run on the vehicle for more than 240,000 km (Prins, 2020).



Figure 5. Injector (Prins, 2020)

**Injector Rail:** The mixed LPG system injector rail provides the distribution of the Lpg. It is easy to be installed. It is designed as 2,3,4,5 and 6 rail. Injector rail is subjected to the leakage test (Prins, 2020).



**Figure 6.** Injector Rail (Prins, 2020)

**Filter Unit:** Mixed LPG system filter unit provides cleaning of LPG from the tank. It has a compact design for easy assembling. Filter unit has single and double outlet. The Sensitivity of filter cartridge is 10 micron. There is a gas temperature and pressure sensor integrated in the filter (Prins, 2020).



**Figure 7.** Filter Unit (Prins, 2020)

**Electronic Control Unit:** The mixed LPG system electronic control unit has been developed by Bosch and has a light body. It has software that is digitally protected against overload and short circuit. It is equipped with diagnostic program extended by the software. The minimum electricity consumption in sleep mode is  $<3\text{mA}$  (Prins, 2020).



**Figure 8.** Electronic Control Unit (Prins, 2020)

**Injector Module:** The mixed LPG system injector module simulates each gasoline injector singly. It calculates gas correction according to gas pressure. The temperature of the module is kept under control by the diagnostic program (Prins, 2020).



**Figure 9.** Injector Module (Prins, 2020)

**Fuel Selector Switch:** The mixed LPG system fuel selector switch enables the vehicle to switch from gasoline to LPG or from LPG to gasoline. LPG level in the tank can be monitored and fuel replacement can be done via button. It gives audible and visual warning when low LPG level or error code is detected (Prins, 2020).



Figure 10. Fuel Selector Switch (Prins, 2020)

**LPG Tank:** Mixed LPG system fuel tank is produced in different sizes according to the vehicle trunk volume. It stores LPG. It has two types: cylindrical and doughnut shape tanks. The most commonly used cylindrical tank capacity in Turkey is 35 to 80 liters and doughnut shape tank capacity is 40 to 60 lt (Prins, 2020).



Figure 11. Lpg Tank (Prins, 2020)

## RESULTS

The mixed LPG system is a system used in cars with direct injection engines. In this system, fuel is sprayed directly into the combustion chamber. It is suitable for vehicle technologies with FSI system. The working principle of a normal LPG system and a mixed LPG system is almost the same. However, there are some differences between them. Gasoline injectors in mixed LPG system provide fuel once in a while. After the engine starts working with gasoline, when the engine temperature reaches 30 °C, the engine automatically switches to LPG. In these systems, the tip of the injectors is inside the combustion chamber and fuel is sprayed directly into the combustion chamber. If the engine runs continuously with gas, soot forms in the fine pores at the end of the injectors, and these pores are blocked. To prevent this, gasoline is sprayed from time to time in these systems. While fuel saving in normal vehicles is approximately 45-50% in LPG compared to gasoline, this ratio decreases to 30-35% in FSI engines. The reason is that the gasoline is given to the system occasionally. These systems consume approximately 2 liters of gasoline every 100 km. Figure 12 shows the circuit diagram of the system.

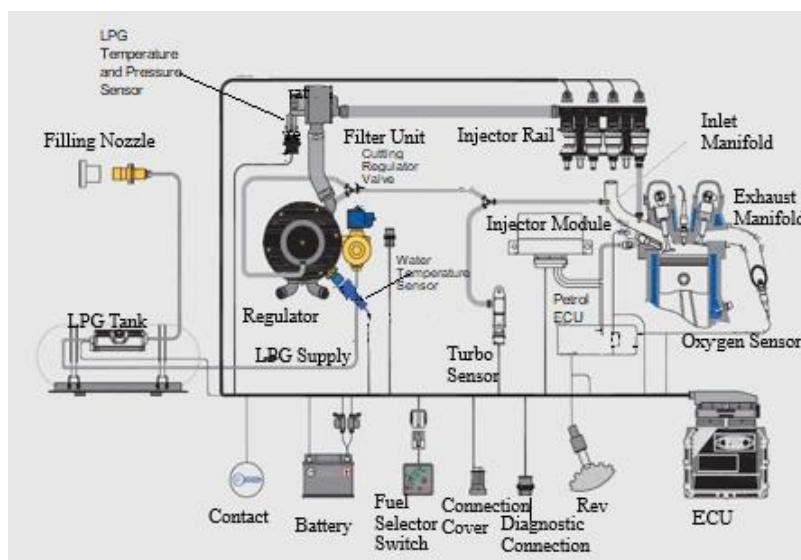
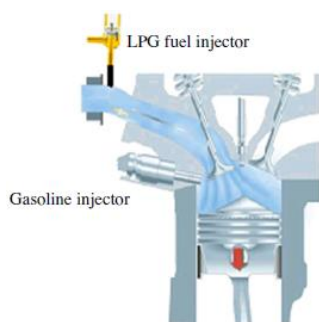


Figure 12. Mixed LPG System Scheme (Prins, 2020)

## CONCLUSION

In this study, the application of today's mixed LPG systems on FSI gasoline engines with FSI system is examined and the system is introduced. In these systems;

- LPG fuel is injected into the intake ports in gaseous phase.
- Gasoline is injected directly into the cylinder in the liquefied phase.
- The engine always runs at the same air-fuel ratio in LPG and gasoline.
- Air flow in air which fills the cylinders of the engine is the same in both fuels (Mitukiewicz, et al., 2015).



**Figure 13.** LPG fuel injector location (Mitukiewicz, et al., 2015).

- It reduces fuel consumption costs by approximately 30-35% compared to gasoline.
- It protects the environment with lower carbon dioxide emission.
- It requires less maintenance.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This work was financially supported by the Scientific Research Council (BAP) of Necmettin Erbakan University. Sena Nur Katırcı is a master student at the Department of Energy Systems Engineering, the Graduate School of Natural and Applied Science of Necmettin Erbakan University (Advisor: Dr. Fatih AYDIN).

## REFERENCES

- Anonymous, 2018, Handbook of LPG Consumer, Republic of Turkey Energy Market Regulatory Authority, Ankara.
- Aydın, F. and Acaroğlu, M., 2009, Comparison of Lpg And Natural Gas Fuel Systems for Internal Combustion Engines, 5th International Technologies Symposium (IATS'09), 13-15 May 2009, Karabük, Turkey.
- Kırmaz, İ., 2019, Experimental Investigation of LPG in Gasoline Engines with New Generation Fuel System, The Graduate School of Natural and Applied Science of Necmettin Erbakan University, The Degree of Master of Science in Energy Systems Engineering, Konya, 1 - 62.
- Küsell, M., Moser, W. and Philipp, M., 1999, Motronic MED7 for Gasoline Direct Injection Engines: Engine Management System and Calibration Procedures, SAE Technical Papers, 1999-01-1284.
- Mitukiewicz, G., Dychto, R. and Leyko, J., 2015, Relationship Between Lpg Fuel and Gasoline Injection Duration for Gasoline Direct Injection Engines. Fuel, Volume 153, Pages 526–534.
- Prins, 2020, <https://www.prins.com.tr/vsi-di-lpg-systems>, Date of visit: [16.01.2020].
- Volkswagen, A.G., W., 2000, 1.4 I 77 kW Engine with Petrol Direct Injection System in the Lupo FSI Design and Function, Self-Study Programme, 252, Pages 1-56.
- Volkswagen, A.G., W., 2002, Direct Petrol Injection System with Bosch Motronic MED 7 Design and Function, Self-Study Programme, 253, Pages 1-60.
- Zakharov, L.A., Khrunkov, S.N., Bazhan, P.I., Mironov, A.A. and Malakhov, A.V., 2019, Control of mixture formation in the piston internal combustion engine with phased fuel injection, IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1177, Pages 1-5.

## Inhibitory effects of ethanolic extracts of lavender against *Staphylococcus aureus* at different incubation temperatures

Sabire Yerlikaya (ORCID:0000-0001-9842-5848), \*Kader Avci (ORCID: 0000-0003-2023-1634), Hanife Şimşek (ORCID:0000-0001-6493-7773), Nur ÖZKAYA (ORCID:0000-0002-5288-5416), Hülya Şen Arslan (0000-0002-1662-2942)

Karamanoğlu Mehmetbey University, Engineering Faculty, Food Engineering Department, Karaman, Turkey

\*Corresponding author e-mail: kader.avci1437@gmail.com

### Abstract

In this study, the inhibitory effects of ethanolic extract of lavender (EEL) on the survival of *Staphylococcus aureus* was investigated at 4°C, 25°C and 37°C. After *S. Aureus* has been activated in broth medium, samples were divided into four groups. First group was the control samples (has *S. Aureus* without ethanolic extracts), the second group was inoculated with 70% ethanol (EA); the third and fourth group were inoculated with ethanolic extract of lavender 5% and 10% respectively. All treatments were incubated at 4°C, 25°C and 37°C for 20 minutes, separately. All EEL concentrations significantly ( $P < 0.05$ ) reduced the numbers of *S. aureus* in broth medium compared with the control samples. It was calculated 4,84 kob/ml *S. aureus* in control samples. It was found that; 10% EEL at 37°C was the most effective (3,82 kob/ml) and EA at 4°C ( 4,49 kob/ml) is the less effective on the pathogen. It has been seen ethanolic extract of lavender has shown the highest inhibitory activity at 37°C compared with 4°C and 25°C. 10% EEL also has more inhibitory effect on *S. aureus* than 5% EEL. The results of this study indicate that EEL as a natural food preservative may be used to effectively reduce microbial population.

**Keywords:** *Staphylococcus aureus*, ethanolic extract of lavender, microbial

### INTRODUCTION

Medicinal plants have been widely used in the treatment of diseases for hundreds of years. Recently, the acceptance of traditional medicine as an alternative form of healthcare and the increase in resistance to existing antibiotics has led researchers to investigate the antimicrobial activities of these plants. It is scientifically and economically important to obtain and evaluate pure and active ingredients from essential oils of medicinal and aromatic plants (Uçar et. al., 2015).

Flavonoids, triterpenoids and esters of 2-hydroxycinnamic acid have been identified in the leaves of lavender species. The major flavonoid components in leaves are flavone glycosides (Lis-Balchin, 2002). Lavender flowers contain 1-3% essential oil. 60-65% of lavender essential oil consists of monoterpene alcohols, of which 20-45% is linalool and 25-46% is linalyl acetate. Other terpenoids include 1,8 cineol, terpinen-4-ol, lavandulil acetate,  $\alpha$ -terpineol, camphor, limonene, geraniol and  $\beta$ -caryophyllene and non-terpenoid 3-octanone (Moon et al., 2006).

It is known that lavender has high antioxidant and antimicrobial properties due to the phenolic compounds it contains. Antimicrobial properties have been found on the oils of these plants in the literature.

*Staphylococcus aureus* is a bacteria that is pathogenic to humans. resistant to adverse environmental conditions. Therefore, it is very common in nature. The source of pathogenic staphylococci that infect humans is also humans (Hacıbektaşoğlu et. al., 1993). They are naturally mostly found in the nasal and throat cavity, human and animal feces. They are widely found in food and food businesses, hand food preparers and personnel working in production. Those who are carriers and prepare food with their hands, especially in the food sector, are an important source of staphylococcal food poisoning (Vural and Öztan, 1993; Bilgehan, 2000; Tunail, 2000).

The aim of this study is to investigate the inhibitory effects of ethanolic extracts of lavender on *S.aureus*.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Lavander used in the research was brought from an organic products company in Konya and brought to laboratory of Karamanoğlu Mehmetbey University, Department of Food Engineering under aseptic conditions.

### Methods

Lavander dissolves well in organic solvents. For this reason, ethanol was chosen as organic solvent. The analyzes in the study were carried out in two parallel with two repetitions.

### Ethanolic lavender (*Lavandula angustifolia* Mill) extracts

For 5% ethanolic lavender extract, 10 g of lavender was incubated in 95 ml ethanol; for 10% ethanolic lavender extract, 20 g of lavender was incubated in 90 ml of ethanol in a shaking water bath at 65°C for 1 hour by shaking. The extracts from the water bath were filtered through a coarse filter paper and collected into a flask. The part remaining on the filter paper was re-placed in voluminous bottles and 95 ml ethanol for 5%; 90 ml ethanol for 10% was added and it was extracted at 65°C for 1 hour. Each sample was filtered and transferred to extracts previously collected in a flask. The extracts obtained were stored at -18°C until they were used in experiments (Şen Arslan, 2017).

### *S.aureus* inhibition

*S.aureus* was prepared at a concentration of 4.84 cfu / ml in 10 ml liquid medium. 1 ml of 5% lavender, 10% lavender and 70% ethanol was added separately. It was incubated at +4°C, 25°C and 37°C for 20 minutes separately. Appropriate dilutions were inoculated on petri dishes with Baird Parler Agar (BPA) for enumeration *S.aureus* using spread plate method. It was incubated at 37°C for 24 hours (AOAC, 2000).

### Statistical analysis

The results were analyzed statistically using SPSS 22 (IBM Corp., Armonk, New York, USA) program. Sample means were compared using One Way ANOVA and were evaluated with Duncan test from Post Hoc Test (Şen Arslan, 2017).

## RESULTS and DISCUSSION

The effects of different concentration and different incubation temperatures of lavender ethanolic extract on *S.aureus* inhibition were statistically significant ( $p < 0.05$ ). Table 1 shows the results of the Duncan Test for *S.aureus* inhibition values.

**Table 1.** Inhibition effect of different concentration and incubation temperature of lavender on *S.aureus*

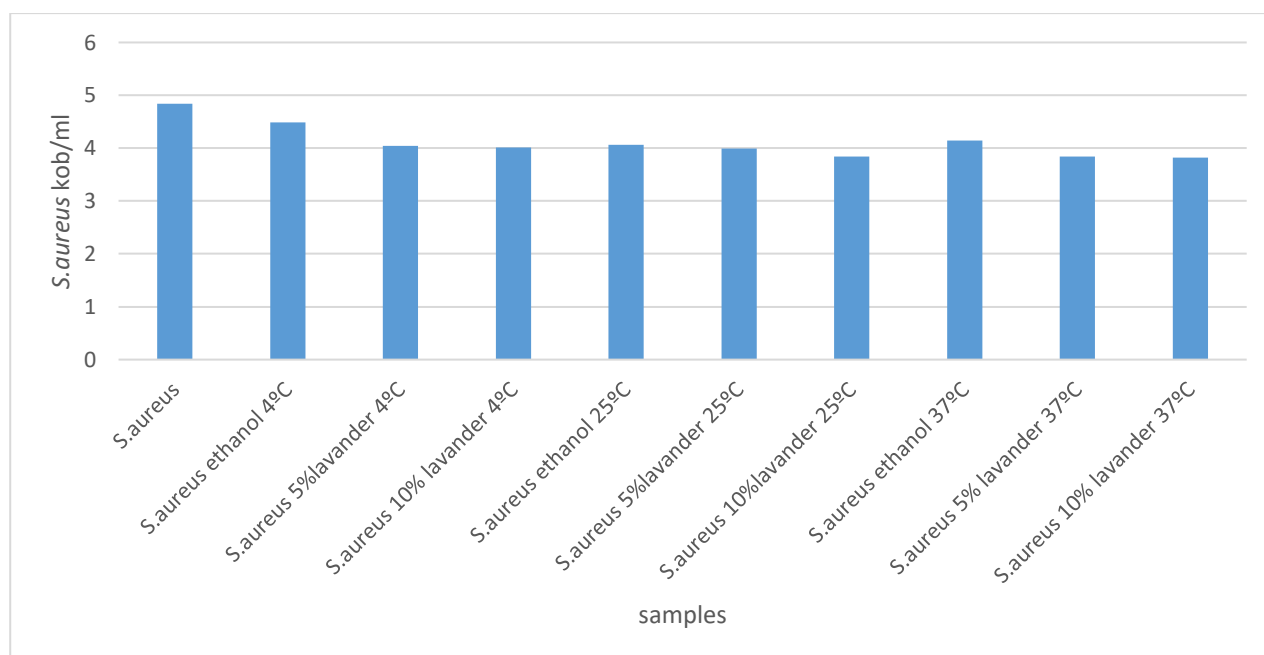
<i>Faktör</i>	<i>n</i>	<i>Colony kob/ml</i>
<i>S.aureus</i>	4	4,84±0,153*
<i>S.aureus</i> ethanol 4°C	4	4,49±0,039*
<i>S.aureus</i> 5%lavander 4°C	4	4,04±0,091*
<i>S.aureus</i> 10%lavander 4°C	4	4,01±0,036*
<i>S.aureus</i> ethanol 25°C	4	4,06±0,093*
<i>S.aureus</i> 5%lavander 25°C	4	3,99±0,250*
<i>S.aureus</i> 10%lavander 25°C	4	3,84±0,132*
<i>S.aureus</i> ethanol 37°C	4	4,14±0,154*
<i>S.aureus</i> 5% lavander 37°C	4	3,84±0,173*
<i>S.aureus</i> 10% lavander 37°C	4	3,82±0,462*

(Comparison of the means of 4-replicate data with Duncan multiple comparison tests shows that there is a significant difference between the letters on the means. ( $p < 0.05$ )).

As seen in Figure 1, all extracts applied showed a pathogenic effect on *S.aureus*. It was observed that the inhibitory effect of lavender extracts increased as the temperature increased. The most inhibitory effect of lavender extracts was determined at 37°C. When the inhibitory effect observed at 4 °C, 25 °C and 37 °C was evaluated separately, it is determined that 10% lavender extracts had the most inhibitory effect on *S.aureus*. Addition of ethanol did not show as much inhibitory effect as 5% lavender and 10% lavender at all temperatures.

In a study, the effects of lavender and essential oil extracts of different plants on different microorganisms were investigated. It has been stated that the essential oil of *Salvia lanigera* shows high inhibitory activity against *B. subtilis*, *Staphylococcus epidermidis*, *P. mirabilis*, *Mycobacterium smegmatis*, *Candida albicans* and *Candida vaginalis* microorganisms, but *E. coli* and *P. aeruginosa* bacteria are resistant to these extracts (Chouan et al., 2007).

In another study, the antimicrobial and antifungal effects of extracts from plants on *Staphylococcus aureus* (ATCC 29213), *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Candida krusei* (ATCC 6258) and *Candida parapsilosis* (ATCC 22019) were investigated. While all of the plant extracts used in the study were found effective against *S. aureus*, it was stated that *L. stoechas* and *M. chamomilla* plants showed the most effect (İlkinen ve Gülbandılar 2018).



**Figure 1.** Effect of lavender extracts on inhibition levels of *S.aureus*

## CONCLUSION

It is a fact that today's consumers turn to foods that do not contain chemical additives. In this context, it is seen that the interest in natural preservatives has increased in order to prevent many spoilage that occur during food storage. Various plant and animal product extracts are used in many studies. It is important to increase studies similar to this and to find more natural materials that have a protective effect.

According to this study, it is seen that the inhibitory effect of 10% lavender ethanolic extract on *S.aureus* is more than 5% lavender ethanolic extract and 70% ethanol. The strongest effect was observed in the sample with 10% lavender at 37 °C.

In recent years, interest in foods that do not contain chemical additives has increased. This situation encourages producers to use natural preservatives. For this purpose, by using various plant extracts such as lavender, the shelf life can be extended by inhibiting pathogens (such as *S.aureus*) that may contaminate foods. More research is needed on this topic.



## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Coordinating Office for Scientific Research Projects (KMUBap, Karaman/Turkey) for providing support for this research.

## REFERENCES

- [1] AOAC 2000. Official Methods of Analysis (18th ed.). Arlington, VA, Association of Official Analytical Chemists.
- Bilgehan, H., 2000. Klinik Mikrobiyoloji Özel Bakteriyoloji ve Bakteri Enfeksiyonları, İzmir.
- Chauhan, L.R., Gunasekaran, G., 2007. Corrosion inhibition of mild steel by plant extract in dilute HCl medium. *Corrosion Science*, 49: 3, 1143-1161.
- Hacıbekttaşoğlu, A., Eyigün C.P. and Özsoy M.F., 1993. Gıda elleyicilerinde burun ve boğaz portörlüğü, *Mikrobiyol. Bült.*, 27: 62-70.
- İlkimen, H., ve Gülbandılar, A., 2018. Lavanta, Ada Çayı, Kekik ve Papatya Ekstrelerinin Antimikrobiyal Etkilerinin Araştırılması. *Türk Mikrobiyol Cemiyeti Dergisi*, 48(4):241-246.
- [2] Lis-Balchin, M., 2002. Lavander. The Genus *Lavandula*. Medicinal and Aromatic Plants– Industrial Profiles 29, 268.
- Moon, S.J., Kottgen, M., Jiao, Y., Xu, H., Montell, C., 2006. A taste receptor required for the caffeine response in vivo. *Curr. Biol.* 16(18): 1812--1817.
- Şen Arslan, H., 2017. Bazı tıbbi aromatik bitki ekstraktlarının fenolik madde içerikleriyle amilaz, glukozidaz ve lipaz enzimleri üzerine etkileri. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, Kayseri.
- Tunail N., 2000. Mikrobiyal enfeksiyonlar ve intoksikasyonlar, Gıda Mikrobiyolojisi ve Uygulamaları, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Gıda Müh. Bölümü yayını, Sim Matbaacılık, Ankara, 82-88.
- Uçar, E., Odabaş Köse, E., Özyiğit, Y., Turgut, K., 2015. Bazı Tıbbi Ve Aromatik Bitkilerde Esansiyel Yağların Antimikrobiyal Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 10 (2):118-124.
- Vural H. and Öztan A., 1993. Effects of starter cultures on growth of *Staphylococcus aureus* in fermented meat products, *Gıda*, 18(4): 259-263.

## Inhibitory effects of ethanolic extracts of *Hypericum perforatum*, clary and propolis against *Escherichia coli* O157:H7

Sabire Yerlikaya (ORCID:0000-0001-9842-5848), \*Hanife Şimşek (ORCID:0000-0001-6493-7773), Kader Avci (ORCID: 0000-0003-2023-1634), Nur Özkaya (ORCID:0000-0002-5288-5416), Hülya Şen Arslan (0000-0002-1662-2942)

<sup>1</sup>Karamanoğlu Mehmetbey University, Engineering Faculty, Food Engineering Department, Karaman, Turkey

\*Corresponding author e-mail: hanifesimsek.41@gmail.com

### Abstract

In this study, the inhibitory effects of ethanolic extract of tipton weed hypericum perforatum (EEHP), clary (EEC) and propolis (EEP) on the survival of *Escherichia coli* O157:H7 was investigated at 37°C. After *Escherichia coli* O157:H7 has been activated in broth medium, samples were divided into seven groups. First group was the control samples (has *Escherichia coli* O157:H7 without ethanolic extracts), the second group was inoculated with 70% ethanol (EA); the third, fourth and fifth group were inoculated with ethanolic extract of hypericum perforatum 5%, ethanolic extract of clary 5% and ethanolic extract of propolis 5% separately; the sixth group was inoculated with EEC after EEHP and the seventh group was inoculated with EEHP, EEC, EEP respectively. All treatments were incubated at 37°C for 15 minutes, separately. All samples significantly ( $P < 0.05$ ) reduced the numbers of *E. coli* O157:H7 in broth medium compared with the control samples. It was calculated 7,48 kob/ml *E. coli* O157:H7 in control samples. It was found that; the samples was inoculated with EEHP, EEC, EEP respectively was the most effective (1,00 kob/ml) and EA (3,88 kob/ml) is the less effective on the pathogen. It has been seen ethanolic extract of propolis has shown the highest (1,85 kob/ml) inhibitory activity compared with EEHP (3,18 kob/ml) and EEC (3,66 kob/ml). The results of this study indicate that EEHP, EEC and EEP as a natural food preservative may be used to effectively reduce microbial population.

**Keywords:** *Escherichia coli* O157:H7, ethanolic extract of hypericum perforatum, clary, propolis, Microbial

### INTRODUCTION

In recent years, the importance given to hygiene has been increasing. According to the information released by the World Health Organization (WHO), it is stated that the number of people suffering from food-related diseases is approximately 600 million each year. Of these, 420 thousand people die for this reason and 40% of this number consists of children under the age of 5 (Şengün and Öztürk, 2018).

Plants can also be defined as suitable additives used to solve toxic problems. Especially the use of natural compounds of herbs and spices can increase the hygiene and quality of foods thanks to their antioxidant effects. (Rodriguez-García I. et al., 2016; Aslan, 2019).

Tipton weed (*Hypericum perforatum* L.) is a perennial herb with yellow flowers. It is upright, hairless and has a woody body.

Clary (*Salvia officinalis* L) is from the Lamiaceae family and is an important medicinal and aromatic plant. According to the research data, clary species are important in terms of flavonoids and etheric oils and components they carry (Nakipoğlu, 1989). Clary also has a disinfectant effect (Baytop, 1963).

Propolis is collected by bees from the buds, leaves and similar parts of trees such as pine, oak, birch, eucalyptus, poplar, chestnut and some herbaceous plants. It is a sticky substance like gum, which is used for many purposes in the barrel by mixing with wax, has a resin-like odor and varies in color from dark yellow to brown. Propolis has become a preferred product in the food industry due to its antioxidant, antimicrobial and antifungal effects. Its beneficial effects on human health have also been a special advantage of its use. It has protective properties in foods against *E. coli* (Çifci, 2013)

*E.coli* O157:H7 is the most important species in the Enterobacteriaceae family. It is a gram-negative, facultatively anaerobic, short rod-shaped spore bacteria. It is a mesophilic type of bacteria. (Sağlam and Şeker, 2016).

The aim of this study is to investigate the inhibitory effects individual, double and triple combinations of ethanolic extracts of tipton weed, clary and propolis on *Escherichia coli* O157: H7.

## MATERIALS AND METHODS

### Materials

Tipton weed (*Hypericum perforatum L.*) and clary (*Salvia officinalis L.*) used in the research was brought from an organic products company in Konya; propolis was collected from Pertek district of Tunceli and brought to laboratory of Karamanoğlu Mehmetbey University, Department of Food Engineering under aseptic conditions.

### Methods

Propolis is a bee product that dissolves well in organic solvents. For this reason, ethanol was chosen as organic solvent (due to the high dissolution of propolis in ethyl alcohol) in the study. In order to make the study homogeneous, ethanolic extracts of clary (*Salvia officinalis L.*) and tipton weed (*Hypericum perforatum L.*) were also used. The fact that propolis is insoluble or slightly soluble in water has also been effective in choosing ethanol as a solvent.

The analyzes in the study were carried out in two parallel with two repetitions.

### Ethanolic propolis extract

For 5% ethanolic propolis extract, 5 g propolis was dissolved in 95 ml ethanol; for 10% ethanolic propolis extract, 10 g propolis was dissolved in 90 ml ethanol. Thawing was continued for a week in a sealed container in a dark environment. The solution was shaken twice a day, and the solution obtained at the end of the period was filtered through Whatman no: 1 filter paper and placed in sterile bottles with cap and kept at + 4 ° C until used for analysis (Lu et al. 2005).

### Ethanolic clary (*Salvia officinalis L.*) and tipton weed (*Hypericum perforatum L.*) extracts

For 5% ethanolic plant extract, 10 g of plants were incubated in 95 ml ethanol; for 10% ethanolic plant extract, 20 g of plants were incubated in 90 ml of ethanol in a shaking water bath at 65°C for 1 hour by shaking. The extracts from the water bath were filtered through a coarse filter paper and collected into a flask. The part remaining on the filter paper was re-placed in voluminous bottles and 95 ml ethanol for 5%; 90 ml ethanol for 10% was added and it was extracted at 65°C for 1 hour. Each sample was filtered and transferred to extracts previously collected in a flask. The extracts obtained were stored at -18°C until they were used in experiments (Şen Arslan, 2017).

### *E.coli O157:H7* inhibition

*E.coli O157:H7* inhibition has been studied in 3 different ways;

1) *E.coli O157:H7* was prepared at a concentration of 7.48 cfu / ml in 10 ml liquid medium. 1 ml of 5% tipton weed, 5% clary, 5% propolis and 70% ethanol was added separately. It was incubated at 37°C for 15 minutes. Appropriate dilutions were inoculated on petri dishes with Eosin Methylen-blue Lactose Sucrose Agar (EMB) for enumeration *E.coli O157:H7* using spread plate method. It was incubated at 37°C for 24 hours (AOAC, 2000).

2) 1 ml of 5% tipton weed was added to 7.48 cfu / ml *E.coli O157:H7* in 10 ml liquid medium. It was incubated at 37°C for 15 minutes. Then 1 ml of 5% clary added. It was incubated at 37°C for 15 minutes. Appropriate dilutions were inoculated on petri dishes with EMB agar using spread plate technique. It was incubated at 37°C for 24 hours (AOAC, 2000).

3) 1 ml of 5% tipton weed was added to 7.48 cfu / ml *E.coli O157:H7* in 10 ml liquid medium. It was incubated at 37°C for 15 minutes. Then 1 ml of 5% clary added. It was incubated at 37°C for 15 minutes. Then 1 ml of 5% propolis added. It was incubated at 37°C for 15 minutes. Appropriate dilutions were inoculated on petri dishes with EMB agar using spread plate technique. It was incubated at 37°C for 24 hours (AOAC, 2000).

### Statistical analysis

The results were analyzed statistically using SPSS 22 (IBM Corp., Armonk, New York, USA) program. Sample means were compared using One Way ANOVA. According to Levene test of variances, samples with  $p < 0.05$  values were evaluated with Duncan test from Post Hoc test (Şen Arslan, 2017).

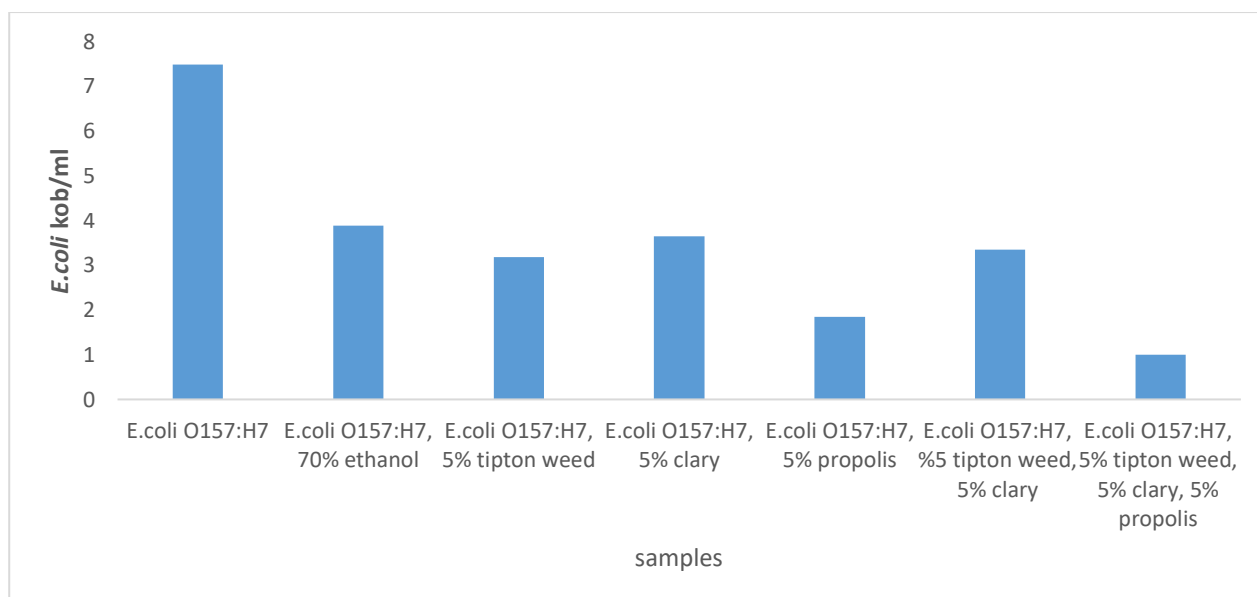
## RESULTS and DISCUSSION

The effects of the tipton weed, clary and propolis separately and inretaction of all three on *E. coli O157:H7* inhibition were found to be statistically significant ( $p<0.05$ ). Table 1 shows the results of the two-way Anova Comparison Test for *E.coli O157:H7* inhibition values.

**Table 1.** The effects of the tipton weed, clary and propolis on *E. coli O157:H7* inhibition

<i>Faktör</i>	<i>n</i>	<i>Colony kob/ml</i>
<i>E.coli O157:H7</i>	4	7,48±0,016*
<i>E.coli O157:H7</i> , 70% ethanol	4	3,88± 0,069*
<i>E.coli O157:H7</i> , 5% tipton weed	4	3,18±0,216*
<i>E.coli O157:H7</i> , 5% clary	4	3,65±0,121*
<i>E.coli O157:H7</i> , 5% propolis	4	1,85±0,125*
<i>E.coli O157:H7</i> , %5 tipton weed, 5% clary	4	3,35±0,093*
<i>E.coli O157:H7</i> , 5% tipton weed, 5% clary, 5% propolis	4	1,00±0,000*

As seen in Figure 1, all extracts applied showed a pathogenic effect on *E.coli O157:H7*. When the extracts were applied to the pathogen one by one, propolis showed the most inhibitory effect (1,85 kob/ml). Tipton weed (3,18 kob/ml ) has more inhibiton effect than clary (3,65 kob/ml ). Using tipton weed and clary together (3,35 kob/ml ) did not show the effect of propolis (1,85 kob/ml ) when used alone. When looking at the research in general, the most inhibitory effect was obtained by using three extracts together (1,00 kob/ml ). Addition of ethanol (3,88 kob/ml ) did not show as much inhibitory effect as extracts.



**Figure 1.** Effect of extracts on inhibition levels of *E.coli O157:H7*

In a study, thyme, mint, anise, dill and garlic powder spices were added to the melting cheese has pathogens. As a result of the analysis, it was found that thyme and mint plants reduced the pathogen in the melted cheese from  $10^6$  cfu / g at the end of three months. It has been determined that it is the best result (Bursa, 2012).

In a study, the effect of propolis against the pathogen isolated from instant soups was investigated. As a result, it was observed that propolis positively inhibits the pathogen by changing against the geographical location where it was obtained (Gümüş and Apaydın 2018).

## CONCLUSION

With the increasing number of conscious consumers in recent years, the demand for sterile and safe foods produced in sterile environments has gradually increased. For this reason, it is necessary to increase the studies for safe food production by inhibiting pathogens. One of the ways to inhibit pathogens is to use natural additives. Animal and plant extracts are used for this purpose.

According to this study, it is seen that the inhibitory effect of propolis ethanolic extract on *E.coli O157:H7* is more than ethanolic extracts of plants. The strongest effect was observed in the sample with a mixture of propolis and plant extracts.

In our country, it has been observed that the tendency towards natural substances has increased due to the side effects of synthetic substances used in the food industry to prevent food spoilage. For this purpose, propolis, tipton weed and clary can be used in terms of its antimicrobial properties to inhibit *E.coli O157:H7* an important food pathogen. More research is needed on this topic.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thank the Cordinating Office for Scientific Research Projects (KMUbap, Karaman/ Turkey) for providing support for this research.

## REFERENCES

- [3] AOAC 2000. Official Methods of Analysis (18th ed.). Arlington, VA, Association of Official Analytical Chemists.
- Aslan M 2019. Bazı bitki ekstraktlarının gıda kaynaklı patojen mikroorganizmalar üzerine antimikrobiyal etkilerinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Bursa İA, 2012. Eritme peynirinde farklı baharat ilavesinin *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* üzerine inhibasyon etkisi yüksek lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tekirdağ
- [4] Çifci F, Mortaş M, Yazıcı M 2013. Propolisin gıda endüstrisinde kullanımı. 8.Gıda Mühendisliği Kongresi, Ankara.
- Gümüş T, Apaydın H 2018. Hazır çorbalardan izole edilen *Staphylococcus aureus* bakterisine karşı propolisin inhibitör etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 15 , V: 1, p: 67 – 75
- Lu LC, YW Chen, CC Chou 2005. Antibacterial activity of propolis against *Staphylococcus aureus*. Int J. Food Microbiol. 102, 213-220
- Rodriguez-Garcia I, Silva-Espinoza BA, Ortega-Ramirez LA, Leyva JM, Siddiqui MW, Cruz-Valenzuela MR, Gonzalez-Aguilar GA, Ayala-Zavala JF 2016. Oregano essential oil as an antimicrobial and antioxidant additive in food products. Crit Rev Food Sci Nutr 56(10): 1717-1727.
- Sağlam D, Şeker E 2016. Gıda kaynaklı bakteriyel patojenler. Kocatepe Veteriner Dergisi, 105-113.
- Şengün İY, Öztürk B 2018. Bitkisel kaynaklı bazı doğal antimikrobiyaller. Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi-C Yaşam Bilimleri Ve Biyoteknoloji, 7(2), 256-276.
- Şen Arslan H 2017. Bazı tıbbi aromatik bitki ekstraktlarının fenolik madde içerikleriyle amilaz, glukozidaz ve lipaz enzimleri üzerine etkileri. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans tezi, Kayseri.

## Süt, meyve suyu ve besiyeri ortamlarında D-limonenin antibakteriyel etkisinin belirlenmesi

Tuğça Bilenler

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: tugca.bilenler@inonu.edu.tr

### Özet

Bu çalışmanın amacı turunçgil esansiyel yağlarının majör bileşeni olan D.limonenin besiyeri ortamı ve model gıda sistemlerinde antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesidir. Gram pozitif (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*), Gram negatif (*Escherichia coli*, *Salmonella* spp.) bakterilere karşı, dilüsyon ve difüzyon temelli test tekniklerini kullanarak, besiyeri ortamında minimum inhibisyon konsantrasyonu (MIK) ve inhibisyon zon çapı belirlenmiştir. pH değerinin ve gıda bileşenlerinin (özellikle yağ ve protein) D. limonenin antibakteriyel kapasitesi üzerine etkisini belirlemek amacı ile model sistem olarak farklı pH değerlerindeki meyve suları (vişne (3.28) ve şeftali (4.27) suları) ve tam yağlı süt (7.20) kullanılmıştır.

D.limonene karşı en hassas bakteri *S.aureus* (3.90 µL/mL), en dirençli bakteri ise *E.coli* (250 µL/mL) olarak belirlenmiş, Gram pozitif bakterilerin Gram negatiflere kıyasla daha düşük MIK değerlerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Difüzyon tekniği ile yapılan testlerde Gram pozitif bakterilerin zon çaplarının 7-13 mm aralığında olduğu, Gram negatif bakterilerin zon oluşturmadığı tespit edilmiştir. D.limonenin 3 farklı konsantrasyonun (2.5, 5 ve 10 mL/40 mL) *E.coli*'nin gelişimi üzerine etkisi gıda sistemlerinde zamana bağlı olarak takip edilmiştir. Meyve sularında D.limonen en yüksek konsantrasyonunda *E.coli* inhibisyonu gerçekleşmiş ancak süt ortamında bu etki belirlenememiş, protein ve yağın D. limonenin antimikrobiyal aktivitesi üzerinde olumsuz etki gösterdiği tespit edilmiştir. D.limonen konsantrasyonu düştükçe sadece vişne suyunda *E.coli* inhibisyonu belirlenmiş, düşük pH değerinin antimikrobiyal aktivite üzerinde olumlu etki gösterdiği belirlenmiştir

**Anahtar Kelimeler:** D.limonen, antimikrobiyal, MIK, *E.coli*

### Determination of antibacterial activity of D-limonene in milk, fruit juice and growth medium

The aim of this study is to determine the antibacterial activity of D. limonene, the major component of citrus essential oils, in the medium and model food systems. Minimum inhibition concentration (MIC) and inhibition zone diameter of D.limonene were determined by using the dilution and diffusion-based test techniques against two Gram positive (*Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*), two Gram negative (*Escherichia coli*, *Salmonella* spp.) bacteria. In this study, fruit juices (sour cherry (3.28) and peach (4.27) juices) and whole milk (7.20) were used as the model system in order to determine the effect of pH value and food components (especially fat and protein) on the antimicrobial capacity of D. limonene.

It was determined that Gram positive bacteria have lower MIC values compared to Gram negatives and the most susceptible bacteria against D.limonene is *S.aureus* (MIC: 3.90 µL / mL) while *E.coli* (MIC: 250 µL / mL) is the most resistant bacteria. In the tests carried out with the diffusion technique, it was determined that the zone diameters of Gram positive bacteria were in the range of 7-13 mm and Gram negative bacteria did not form a zone. The effect of 3 different concentrations of D. limonene (2.5, 5 and 10 mL / 40 mL) on the development of *E.coli* was monitored in food systems depending on time. *E.coli* inhibition occurred in fruit juices at the highest concentration of D.limonene, but this effect could not be determined in the milk. As D.limonene concentration decreased, *E.coli* inhibition was determined only in cherry juice. These results are thought to be due to the negative effect of fat, protein and positive effect of low pH value on antimicrobial activity of D.limonene

**Keywords:** D. limonene, antimicrobial, MIC, *E.coli*.

### GİRİŞ

Sentetik antimikrobiyal ajanlar ve kimyasal gıda koruyucular gıdalarda bozulmalara neden olan mikroorganizmaların kontrol altına alınmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Antimikrobiyal ajanlara karşı mikroorganizmaların direnç kazanımları ve ayrıca tüketicilerin kimyasal koruyuculara karşı farkındalıklarının artmasının bir sonucu olarak, daha doğal ajanlar ile gıdaların korunması yönünde ortaya çıkan talepler gün geçtikçe artmaktadır (Perricone ve ark.,2015). Mikroorganizmaların varlığını keşfetmeden daha önce, bazı bitkilerin iyileştirici potansiyele sahip olduğunun bilindiği iddia edilmektedir. Söz konusu etki daha sonraki yıllarda antimikrobiyal prensipler olarak karakterize edilmiş ve kabul görmüştür. Çok uzun

zamanlardan beri insanlar bitkileri yaygın enfeksiyon hastalıkları tedavi etmek amacı ile kullanmış ve günümüzde hala bu geleneksel uygulamaların bazıları çeşitli hastalıkların alışılmış tedavisinin bir parçası olarak varlığını sürdürmektedir (Rios ve ark., 2005). Diğer bir anlatımla, tıbbi değeri olan bitkiler sentetik koruyucular ve antimikrobiyal ajanlara potansiyel bir alternatif teşkil etmektedir (Kotzekidou ve ark., 2008). Bitkilerin antimikrobiyal etkileri sahip olduğu esansiyel yağlardan ya da farklı çözücüler ile elde edilen ekstraktları ile ölçülmektedir (Perricone ve ark., 2015; Kotzekidou ve ark., 2008). Esansiyel yağlar bitkilerin farklı kısımlarından (çiçek, sap, dal, çekirdek, yaprak, kök ve meyve) farklı yöntemlerle elde edilen, oda sıcaklığında sıvı, organik çözücülerde ya da yağda çözünebilir, elde edildiği bitki ve bitki organına bağlı olarak, açık sarı renkte olmakla beraber, yeşil, mavi, kahve ya da hafif kırmızı renkte olan bitki bileşeni olarak tanımlanırlar (Gutierrez ve ark., 2008; Hammer ve ark., 1999). Esansiyel yağlar bitkilerde antimikrobiyal, antiviral, antifungal ve böcek zararına karşı koruma gibi önemli görevlerde rol almaktadırlar. Günlük hayatta parfüm, makyaj malzemesi, krem, sabun, dezenfektan bileşiminde, gıdalarda aroma katkısı ve mikroorganizmalarla mücadele etmede koruyucu olarak kullanılmaktadır (Burt, 2004). Esansiyel yağlar değişik konsantrasyonlarda bulunan 20-60 bileşenden oluşan karışımlardır, yapılarında bazı bileşenler oldukça yüksek miktarlarda (%20-70) bulunuyorken (majör bileşenler), diğer bileşenler oldukça düşük miktarlarda bulunmaktadır (minör bileşenler). Majör bileşenler bir aromatik halkaya sahip olan terpenler, terpenoidlerden oluşmaktadır ve esansiyel yağların antimikrobiyal/biyolojik etkisinde büyük rol üstlenmişlerdir. Esansiyel yağlarının antimikrobiyal etki potansiyellerinin elde edildikleri bitkinin hasat sezonu, coğrafik kaynaklar, elde edildiği bitki organı, iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (Delaquis ve ark., 2002).

Turunçgil kabuklarından elde edilen esansiyel yağın %85-99 arası uçucu ve %1-15 arası uçucu olmayan bileşenlerden oluşmaktadır. Uçucu özellikteki bileşenler monoterpenler (majör bileşeni Limonen), seskiterpen, hidrokarbonlar ve onların oksijenlenmiş türevleridir (Baba, 2018). Limondan elde edilen limon esansiyel yağının antibakteriyel, antifungal antioksidan etkiler sergilediği ve ilaç ve gıda dairesi (FDA) tarafından genel olarak güvenilir olduğu kabul edilen (GRAS) maddeler arasında gösterildiği bildirilmiştir (Yazgan ve ark., 2019). Turunçgil esansiyel yağlarının antimikrobiyal etkisi yapısında yer alan D.limonenden kaynaklanmaktadır (Baba, 2018).

Bu çalışmanın amacı turunçgil esansiyel yağının baskın bileşeni olan D- limonenin antimikrobiyal kapasitesinin hem farklı teknikler ile (dilüsyon ve difüzyon temelli) laboratuvar ortamında hem de model gıda sisteminde *E.coli*, *Salmonella* spp., *B.cereus* ve *S.aureus*'a karşı belirlenmesidir. Laboratuvarda besiyeri (Mueller Hinton broth ve agar) ortamında dilüsyon tekniği temelinde minimum inhibisyon konsantrasyonu, difüzyon tekniği temelinde ise disk difüzyon ve oyuk agar testleri ile inhibisyon zon çapı belirlenecektir. D.limonenin antibakteriyel aktivitesi model bir gıda sistemi olarak süt ve meyve suyu ortamında test edilecek ve gıda materyali içerisinde D.limonenin bakteri inhibisyon gücü zamana bağlı tespit edilecektir.

## MATERYAL VE METOD

D.limonen %96 saflıkta ticari olarak Acar Kimya (Türkiye) dan satın alınmıştır.Çalışmada kullanılan besiyerleri Brain Heart Infusion Broth (BHI), Mueller Hinton Broth (MHB), Mueller Hinton Agar (MHA) Merck firmasından (Merck, Darmstadt, Germany), *p*-iodonitrotetrazolium violet (INT); Sigma-Aldrich'den, süt ve meyve suları yerel marketten temin edilmiştir.

### Mikroorganizmalar ve büyüme koşulları

D.limonen'in antibakteriyel aktivitesi dört bakteriye karşı test edilmiştir. Çalışmada kullanılan bakteriler Refik saydam ulusal halk sağlığı merkezinden (RS) ve İnönü Üniversitesi Turgut Özal Tıp Merkezi, Mikrobiyoloji Laboratuvarından (ML) temin edilmiştir. Gram pozitif bakteri olarak *Staphylococcus aureus* (RS No:1020/06008), *Bacillus cereus* (RS No: 869), Gram negatif bakteri olarak *Escherichia coli* (ML) and *Salmonella* spp. (ML) kullanılmıştır. Bakteriler antimikrobiyal testlerde kullanılmaya kadar Brain Heart Infusion Agar (BHI), (Merck, Darmstadt, Germany), da +4°C'de depolanmıştır. Çalışmada bakterinin aktif gece kültürleri kullanılmıştır, bu amaçla her bir bakteriden BHI broth da ekim yapılmış 24 saat, 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır.

### Minimum İnhibisyon Konsantrasyonu (MIK)

Minimum inhibisyon konsantrasyonu mikroorganizma gelişiminin olmadığı en düşük konsantrasyondur. D.limonenin MIK Andrews (2001), belirttiği broth dilüsyon yönteminde bazı modifikasyonlar ile uygulanarak belirlenmiştir. Test ortamı olarak %10 (%v/v) dimetilsulfoksit (DMSO) içeren (D.limonenin çözünürlüğünü arttırmak amacı ile kullanılmıştır) Mueller Hinton Broth (MHB) kullanılmıştır. Mueller Hinton Broth içeren

test tüplerine her bir bakterinin aktif gece kültürleri ( $11 \times 10^8$  koloni oluşturma birimi (kob)/mL) eklenmiş, iki katı seri dilüsyon şeklinde (500  $\mu$ L/mL'den 1.95  $\mu$ L/mL'ye) D.limonen ilave edilmiştir. Hazırlanan test tüpleri 24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Ayrıca test edilen mikroorganizmaların hassasiyetlerini belirlemek amacı ile negatif (testte kullanılan her bir bakteri %10 DMSO içeren besiyerine ekilmiştir) ve pozitif kontrol (standart antibiyotik olan tetrasiklin, ampisilin (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany)) kullanılmıştır. Bakteriyel büyüme indikatörü olarak *p*-iodonitrotetrazolium violet (INT; Sigma-Aldrich), (0.2mg/mL) kullanılmış, inkübasyon süresi sonunda test tüplerine ilave edilip 30 dakika ileri inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda bakteriyel büyüme violet formazan oluşumu sebebiyle açığa çıkan kırmızı renk gelişimi takip edilerek belirlenmiştir (Eloff, 1998). Tüm testler iki paralelli yapılmıştır.

### **Disk Difüzyon ve Oyuk Agar Testi**

Disk difüzyon ve oyuk agar testi için Mueller Hinton Agar (MHA) kullanılmış ve Andrew (2004), kullandığı yöntemde bazı değişiklikler ile test gerçekleştirilmiştir. Aktif gece kültürlerinden ( $11 \times 10^3$  kob/mL) steril besiyerine 500  $\mu$ L yayma yöntemi ile ekim yapılmış yüzey kuruması beklenmiştir. Disk difüzyon analizi için, D. limonen ve standart olarak tetrasiklin (1mg/mL) 20  $\mu$ L steril disklerle absorbe ettirilmiş ve diskler belirli aralıklar ile petrilere yerleştirilmiştir. Oyuk agar testi için ise bakteri ekimi yapılan petrilere steril delgeç ile oyuklar açılmış ve oyuklara 50  $\mu$ L D- limonen ve standart olarak tetrasiklin inokülasyonu yapılmıştır. Her bir bakteri için iki paraleli yapılan ekimler 24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda zon çapları milimetre (mm) birimi ile ölçülmüştür.

### **Gıda sisteminde antimikrobiyal kapasite belirlenmesi**

D-limonenin antibakteriyal aktivitesi Tserennadmid ve ark., (2011) önerdiği yöntemle bağlı kalınarak yapılmıştır. Yağsız süt ve meyve suları ticari olarak alınmıştır. yağsız süt ve meyve suları otoklavda steril edildikten sonra (39 mL) 1 mL *E.coli* ( $10^7$  kob/mL) ile inoküle edilmiş ve MIC konsantrasyonu dikkate alınarak üç farklı konsantrasyonda (2.5, 5 ve 10 mL/40 mL test ortamı) D-limonen ilavesi yapılmıştır. Belirlenen zaman aralıklarında (0,2,4,6,8,24 saat) örnekler yayma tekniği ile MHA agara ekimler yapılmış 24 saat 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. Zamana karşı bakteri gelişim hızı belirlenmiştir.

### **BULGULAR ve TARTIŞMA**

D. limonenin iki Gram negatif (*E.coli*, *Salmonella* spp.) ve iki Gram pozitif (*B.cereus*, *S.aureus*) bakterilere karşı antimikrobiyal aktivitesi broth dilüsyon tekniği ile test edilmiş ve sonuçlar Tablo 1. de verilmiştir. Broth dilüsyon testinde D. limonene karşı Gram negatif bakterilerin daha dirençli olduğu ve *E.coli* 'nin 250  $\mu$ g/mL MİK değeri ile test edilen bakteriler arasında en dirençli bakteri olduğu tespit edilmiştir. Gram pozitif bakterilerin D. Limonene karşı antimikrobiyal testte daha düşük MİK ile daha hassas oldukları görülmüştür, *S. aureus* 3.90  $\mu$ g/mL MİK değeri ile en hassas bakteri olduğu öne çıkan veriler arasındadır. Antimikrobiyal testlerde eş zamanlı yapılan negatif ve pozitif kontrol deneylerinde; negatif kontrol örneklerinde bakterilerin canlı oldukları ve çoğaldıkları gözlemlenmiş, pozitif kontrol deneylerinde ise bakterilerin test edilen standart antibakteriyel ajandan etkilendiğini ve öldükleri belirlenmiştir. Test sonuçları ortam bulanıklığından ziyade INT indikatörü ile belirlenmiştir. Besiyeri ortamının rengi pembe renk alması, test edilen ajan konsantrasyonunun yetersiz olduğu, bir başka deyişle test edilen konsantrasyondan bakterinin etkilenmediği ve canlı kaldığını ifade etmektedir.

Difüzyon temelli testler olan oyuk agar ve disk difüzyon testlerinin sonuçları disk ya da oyuğun etrafındaki temiz alanın (zon) çapının ölçülmesi (milimetre, (mm) birimi ile ) ile değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Her iki test için ortak bir sonuç olarak; Gram negatif bakterilerde D. limonene karşı zon oluşmadığı, ancak Gram pozitif bakterilerin D. limoneneden etkilendiği ve inhibisyon zonu oluşturduğu, oyuk agar testinde oluşan zon çapının (11-13 mm) disk difüzyondan (7-10 mm) daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Sıvı besiyeri ortamının katı besiyeri ortamına kıyasla difüzyon katsayısının daha yüksek olduğu bilgisi göz önüne alınca elde edilen sonucun oldukça anlamlı olduğu ifade edilebilir.



**Tablo 1.** D-Limonen'in Besiyeri Ortamında Antimikrobiyal Aktivite Sonuçları (MIC, µL/mL)

Mikroorganizma		Broth Dilüsyon Sonuçları			
		D-limonen	Pozitif kontrol		Negatif kontrol
			Tetrasiklin	Ampisilin	
Gram negatif	<i>E. coli</i>	250	1.56	6.25	+*
	<i>Salmonella spp.</i>	125	1.56	3.12	+
Gram pozitif	<i>B. cereus</i>	15.62	1.56	1.56	+
	<i>S. aureus</i>	3.90	1.56	1.56	+

\*:Gelişme var

**Tablo 2.** D-Limonen'in Oyuk Agar ve Disk Difüzyon Sonuçları (Zon, mm)

Mikroorganizma		Oyuk Agar		Disk Difüzyon	
		D-limonen	Tetrasiklin	D-limonen	Tetrasiklin
Gram negatif	<i>E. coli</i>	-*	11	-	13
	<i>Salmonella spp.</i>	-	24	-	17
Gram pozitif	<i>B. cereus</i>	11	31	7	25
	<i>S. aureus</i>	13	33	10	27

\*zon çapı oluşmamıştır

Turunçgil kabuklarından elde edilen uçucu yağların antimikrobiyal etkisinin oldukça yüksek olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir. Söz konusu uçucu yağın yaklaşık %52.85-75 düzeyinde D- limonen içerdiği göz önüne alınca bahsi geçen aktiviteden öncelikli olarak D-limonenin sorumlu olduğu vurgulanmıştır (Yazgan ve ark., 2019; Geraci ve ark., 2017). Turunçgil esansiyel yağının *Yersinia ruckeri*, *Aeromonas hydrophila*, *Lactococcus garvieae*, *Listeria anguillarum*, *Vagococcus salmoninarum* ve *Vibrio alginolyticus*'a karşı antimikrobiyal etki sergilediği bildirilmiştir (Hussain ve ark., 2008). Bileşiminde %52.85 oranında D-limonen içeren limon uçucu yağını gıdalarda bozulmalara sebep olan patojenlere karşı test eden bir başka çalışmada esansiyel yağın özellikle *Enterococcus faecalis*, *Klebsiella pneumoniae*, 'e karşı kuvvetli antibakteriyel aktivite sergilediği, *Staphylococcus aureus* ve *Salmonella paratyphi A*' ya karşı nispeten daha düşük bir etki sergilediği bildirilmiştir (Yazgan ve ark., 2019).

Esansiyel yağ antimikrobiyal etkisi farklı mekanizmalar ile açıklanmakta hücre duvarından permeabilizasyon bunlar arasında yer almaktadır. Lipofilik bileşenlerin hücre duvarından daha kolay kolay permeabilizasyon sağladığı göz önüne alınca, esansiyel yağ ve bunların bileşenlerinin (D. limonen gibi) antimikrobiyal etkisi beklenen bir durumdur. Membran permeabilizasyonunda en önemli sebep iyon kaybı ve potansiyelin düşmesi, proton pompasının çökmesi ve ATP kaynaklarının tükenmesidir (Bakkali ve ark., 2008). Ökaryotik hücrelerde Esansiyel yağ bileşenleri mitokondriyal membranların depolarizasyonuna, kalsiyum kanallarının etkilenmesine, pH gradientinin düşmesine proton pompasının ve ATP kaynaklarının etkilenmesine neden olmaktadır. Tüm bu etkiler sonucunda membran anormal olarak geçirgen olmaktadır ve bunun sonucunda radikallerin, sitokrom c, kalsiyum iyonları ve proteinlerin sızması gerçekleşmektedir. İç ve dış mitokondriyal membran permeabilizasyonu apoptosiz ve nekrosise sebep olmakta ve sonunda hücre ölmektedir. Ayrıca esansiyel yağlar sitoplazmanın koagülasyonuna ve lipid ve proteinlerde bazı zararların oluşumuna sebep olmaktadır (Smith- Palmer ve ark., 2001; Perricone ve ark., 2015). Literatürde yer alan antimikrobiyal çalışmalarda Gram pozitif bakterilerin Gram negatiflere kıyasla daha hassas oldukları belirtilmiş ve bu durum Gram negatif bakterilerin dış membran tabakasına sahip olması ile açıklanmıştır. Gram pozitif bakteriler arasındaki hassasiyet farkı ise substrat fosforilasyon seviyesi ile üretilen ATP varlığının ile açıklanmıştır (Perricone ve ark., 2015).

Minimum inhibisyon testinde en dirençli bakterinin *E. coli* olduğu ve broth dilüsyon testinde D. limonenin *E.coli*'ye karşı MIK'nun 250 µL/mL olduğu tespit edilmiş ve bu bilgiden hareketle üç farklı model sistemde (vişne suyu, şeftali suyu ve süt) üç farklı D. limonen konsantrasyonu (2.5, 5 ve 10 mL/40 mL) test edilmiştir. pH ve gıda bileşimlerinin (özellikle yağ ve protein) antimikrobiyal ektivite üzerine etkisi incelenmiştir. Üç farklı pH değerleri ile çalışılmış, vişne, şeftali suyu ve sütün pH değerleri sırası ile 3.28, 4.27 ve 7.20 olarak belirlenmiştir. Ayrıca yağ ve protein içermeyen meyve sularına karşı %3.25 yağ ve %3.3 protein içeren süt ortamı kendi içinde kıyaslanmıştır. Otoklavda steril edilen model sistemlere 8.72 logaritmik koloni oluşturma birimi ( log kob)/ mL düzeyinde *E.coli* inokülasyonu yapılmış ve belirli zaman aralıklarında yayma yöntemi ile ekimler yapılarak bakterinin D.limonene karşı gelişimi takip edilmiştir. Tablo 3 de görüldüğü gibi, *E.coli*'nin en yüksek D.limonen konsantrasyonunda (10 mL/40 mL) meyve sularında inhibe olduğu, ancak süt

oranında redüksiyona uğradığı ancak tamamen inhibe olmadığı belirlenmiştir. Bu konsantrasyonun MİK belirlendiği (250 µL/mL) oran olduğu göz önüne alınca, sütün yapısında bulunan yağ ve proteinlerin D. limoneni bağlayarak antimikrobiyal aktivite üzerine olumsuz bir etkide bulunduğu söylenebilir. D. limonenin 5 mL/40 mL'lik konsantrasyonunun *E.coli* üzerinde antibakteriyel etki sergilediği, özellikle vişne suyunda, 6. saatten sonra canlı hücre belirlenmediği, ancak diğer ortamlarda hala canlı hücre bulunduğu tespit edilmiştir. Vişne suyundaki söz konusu sonuçta pH'nin etkisi olduğu söylenebilir. Literatürde düşük pH değerinde esansiyel yağ bileşenlerinin daha hidrofobik bir karakter kazandığı ve hücre duvarından daha kolay geçerek antimikrobiyal etki gösterdiği bildirilmiştir (Negi, 2012). Elde edilen sonuç literatür ile uyumludur. Test edilen en düşük konsantrasyon olan 2.5 mL/40 mL üç model sistemde de *E.coli* üzerinde etki göstermediği belirlenmiştir.

**Tablo 3.** D-limonen'in *E.coli*'ye karşı gıda sisteminde antimikrobiyal etki sonuçları (log kob/mL)

Konsantrasyon (ml/40 mL)	Gıda Ortamı	<i>E.coli</i> sayısı ( log kob/mL)					
		0. saat	2.saat	4.saat	6.saat	8.saat	24.saat
10	V	8.72	-*	-	-	-	-
	Ş	8.72	-	-	-	-	-
	S	8.72	8.66	7.52	5.47	4.28	3.12
5	V	8.72	4.55	2.41	-	-	-
	Ş	8.72	7.65	5.59	3.75	2.93	-
	S	8.72	8.71	7.56	5.68	4.79	4.65
2,5	V	8.72	8.59	8.07	8.85	8.79	9.50
	Ş	8.72	8.68	8.92	8.71	8.86	9.71
	S	8.72	8.87	8.93	9.50	9.77	10.86

V: vişne suyu, Ş:şeftali suyu, S: tam yağlı süt,\*: canlı hücre yok

Esansiyel yağlar ve bunların bileşenlerinin antimikrobiyal aktivitesi çeşitli faktörler etkisi altında gelişmektedir. Gıdaların fiziksel yapısı, gıda bileşenleri (yağlar, karbonhidratlar, proteinler, su, tuz, antioksidanlar, koruyucular ve diğer katkıları), ortam pH değeri ve bazı dış faktörler (sıcaklık, aküm/gaz/havada paketlenme ve mikroorganizma karakteristikleri) esansiyel yağların biyoaktivitesini azaltma yönünde etki gösterebilir (Gutierrez ve ark., 2008). Düşük pH 'da esansiyel yağ ve bileşenleri daha yüksek biyoaktivite sergilemiştir bunun sebebi olarak, pH değeri düştükçe esansiyel yağlar daha hidrofobik karakter kazanmakta ve hücreden daha rahat geçebilmektedir (Negi, 2012). Yüksek proteinli ve yağlı gıdalar (süt gibi) bakteriler etrafında koruyucu kılıf oluşturarak esansiyel yağı absorblamakta ve bakteriyi yağa karşı korumaktadır, absorblanma sebebi ile azalan esansiyel yağ konsantrasyonu etkinlik kaybına uğramaktadır. Diğer yandan, su ve ya da tuz konsantrasyonu esansiyel yağ aksiyonunu destekleyici yönde etki göstermektedir. Kompleks şekerler (nişasta) basit şekerlere kıyasla (glukoz) esansiyel yağların etkinliğini daha fazla düşürmektedir (Shah ve ark., 2013; Perricone ve ark., 2015). Cava 2007, tarçın ve karanfil esansiyel yağının antimikrobiyal aktivitesini süt ortamında *L.monocytogenes*'e karşı test etmiş ve antimikrobiyal etkinliğin süt bileşimindeki yağ sebebi ile azalmaya uğradığını bildirmiştir (Cava ve ark., 2007). Limon, portakal, greyfurt, mandalınanın majör bileşeni olan D-limonen, terpeneolun farklı süt tiplerinde *E.coli*, *S.aureus*, *Pseudomonas* spp. karşı antimikrobiyal aktivitesi test edilmiş, yağ oranı arttıkça mikroorganizma gelişimini sınırlayan dozun arttığını bildirmiştir (Fisher ve Phillips 2008).

## SONUÇ

Bu çalışmada D. limonenin antibakteriyel aktivitesi 4 bakteri üzerinde test edilmiştir. Gram pozitif bakterilerin MİK değerlerinin (3.90-15.62 µL/mL) Gram negatiflere (125-250 µL/mL) kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Gram negatif bakterilerin inhibisyonu broth dilüsyon tekniği ile başarılıyorken difüzyon temelli teknikler olan disk difüzyon ve oyuk agar testlerinde inhibisyon sağlanamamıştır. Meyve suları ve süt model sistem olarak kullanılmış, broth dilüsyon testinde en dirençli bakteri olarak tespit edilen *E.coli*'ye karşı D.limonenin etkisi belirlenmiştir. D.limonenin konsantrasyona bağlı olarak, en yüksek antimikrobiyal aktiviteyi en düşük pH değerine sahip ortam olan vişne suyunda sergilediği, sütün bileşenlerinin etkisi ile D.limonenin antimikrobiyal aktivitesini azalttığı belirlenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Andrews MJ 2001. Determination of minimum inhibitory concentrations, *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 48: 5–15.
- Andrews JM 2004. BSAC standardized disc susceptibility testing method (V.3). *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 53: 713–728.
- Baba E 2018. Bakteriyeel balık patojenlerine karşı portakal (*Citrus sinensis*) kabuğu uçucu yağının *In vitro* antibakteriyel etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14: 208-214.
- Bakkali F, Averbek S, Averbek D, Idaomar M 2008. Biological effects of essential oils – a review, *Food Chem. Toxicol.* 46: 446–475.
- Burt S 2004. Essential oils: their antimicrobial properties and potential applications in foods: a review, *Int. J. Food Microbiol.* 94: 223–253.
- Cava R, Nowak E, Taboada A, Marin-Iniesta F 2007. Antimicrobial activity of clove and cinnamon essential oils against *Listeria monocytogenes* in pasteurized milk, *J. Food Prot.*, 70:2757–2763.
- Delaquis PJ, Stanich K, Girard B, Mazza G 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fraction softdill, cilantro, coriander, and eucalyptus essential oils, *Int. J. Food Microbiol.* 74:101–109.
- Eloff JN 1998. A sensitive and quick microplate method to determine the minimal inhibitory concentration of plant extracts for bacteria, *Planta Medica*, 64: 711–713.
- Fisher K, Phillips C 2008. Potential antimicrobial uses of essential oils in food: is citrus the answer, *Trends Food Sci. Technol.* 19: 156–164.
- Geraci A, Di Stefano V, Di Martino E, Schillaci D, Schicchi R 2017. Essential oil components of orange peels and antimicrobial activity, *Natural Product Research*, 31: 653–659.
- Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke P 2008. Biological effects of essential oils–A review, *Food Chem. Toxicol.* 46: 446–475.
- Gutierrez J, Barry-Ryan C, Bourke, P 2008. Biological effects of essential oils–A review, *Food Chemical Toxicology* 46: 446–475.
- Hammer KA, Carson CF, Riley TV 1999. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts, *Journal of Applied Microbiology*, 86:985-990.
- Hussain AI, Anwar F, Sherazi STH, Przybylski R 2008. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities of basil (*Ocimum basilicum*) essential oils depends on seasonal variations, *Food Chemistry*, 108: 986–995.
- Kotzekidou P, Giannakidis P, Boulamatsis A 2008. Antimicrobial activity of some plant extract and essential oils against foodborne pathogens *in vitro* and on the fate of inoculated pathogens in chocolate, *LWT*, 41: 119-127.
- Negi PS 2012. Plant extracts for the control of bacterial growth: efficacy, stability, and safety issues for food application-a review, *Int. J. Food Microbiol.* 156: 7–17.
- Perricone M, Arace E, Corbo MR, Sinigaglia M, Bevilacqua A 2015. Bioactivity of essential oils: a review on their interaction with food components. *Frontiers in Microbiology*, 6: 2-7.
- Rios JL, Recio MC 2005. Medicinal plants and antimicrobial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 100: 80-84.
- Shah B, Davidson PM, Zhong Q 2013. Nano dispersed eugenol has improved antimicrobial activity against *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in bovine milk, *International Journal of Food Microbiology*, 161: 53-60.
- Smith-Palmer A, Stewart J, Fyfe L 2001. The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese, *Food Microbiol* 18: 463–47.
- Tserennadmid R, Tako M, Galgoczy L, Papp T, Pest, M, Vagvolgyi C, Almassy K, Krisch J 2011. Anti Yeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk, *International Journal of Food Microbiology*, 144: 400-406.
- Yazgan H, Ozgul Y, Kulay E 2019. Antimicrobial influence of nano emulsified lemon essential oil and pure lemon essential oil on food-borne pathogens and fish spoilage bacteria, *International Journal of Food Microbiology*, 306: 1-8.

## Optimization of directional coupler with machine learning for 900 MHz GSM band applications

Hacer Danaci, Atakan Muhammet Oner, Merih Palandoken\*

Izmir Katip Celebi University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: merih.palandoken @ikc.edu.tr

### Abstract

Directional couplers are widely used in microwave and radio-frequency (RF) systems for power combining/splitting, feeding networks of the antenna arrays to distribute the input power into two output ports with the desired power division ratio. In this paper, the proposed directional coupler has been designed in optimum geometric structural model in the desired frequency band for 900 MHz GSM band (890-915 MHz) applications with the coupling ratio by using machine learning approaches. Machine learning is a computationally powerful and time effective modelling tool to predict the designated characteristics of the directional couplers to be constructed and utilized in the optimization process. The motivating advantages of ML in terms of learning and approximate complex nonlinear mapping, and exploiting the information contained in a dataset without assumption of data distribution have been utilized as the starting point of directional coupler design. 10.560 data have been collected by the numerical computation of generic directional coupler model in CST Microwave Studio at 890 MHz, 900 MHz, and 915 MHz frequencies to determine the ideal coupler geometric structure and coupling ratio for 900 MHz GSM band application. The data have been divided into two parts with the ratio of 66% for training and 34% for testing processes, respectively. In this paper, multioutput regressor algorithm has been utilized for the prediction of coupler geometric structure and SMD capacitor value, which is important to reduce the overall directional coupler size. Machine learning algorithm has resulted into 86% of accuracy value and directional coupler structure size to be obtained in 12.75 mm x 15.7 mm ( $0.038 \lambda \times 0.047 \lambda$ ) with the size reduction of 84.68% compared with the conventional directional couplers.

**Keywords:** Directional coupler, Machine learning, 900 MHz GSM band, Size reduction.

### INTRODUCTION

In many microwave applications nowadays, machine learning is one of the rapidly emerging disciplines that can be widely applied. Machine learning is a subset of the artificial intelligence that uses computational statistics to find a mathematical model describing input and output data. Over the last few years, Machine learning algorithms have been utilized for different purpose at variously fields. Some of the these fields are beam control for phase array antenna system [1-3], position detection of the RFID tags [4], optimization [5,6], Failure diagnosis of phase array antenna system [7-8], antenna selection problem [9] and adaptive spherical near field antenna measurement [10].

Jinpil Tak and others proposed a 3-D-printed monolithic  $10 \times 10$  SWAA optimized using ML technique working at 78 GHz is proposed. The optimized SWAA is 3-D printed by stereolithography apparatus (SLA) and coated with silver by jet metal spraying method as shown Fig. 1. The fabricated SWAA is measured and analyzed with its surface roughness considered [5].

Lange and others proposed a machine learning technique is used to detect and locate failed elements in an antenna array. The approach allows for detection and location of up to two simultaneous failures. The far-field pattern is sampled in different ways to form multiple datasets. These datasets are then used to train a feedforward neural network, and the results are compared according to accuracy, training time and the number of samples in the training data [8].

Wu and others proposed a novel broadband SIW CBS antenna designed for mm Wave wireless applications is proposed. Using the proposed new antenna topology and the Machine-Learning Assisted Optimization Method with Additional Feature (MLOMAF), an antenna prototype is designed and fabricated with measured fractional impedance bandwidth of 23.7%. The antenna structures are designed and analyzed with the aid of the ANSYS High-Frequency Structure Simulator (HFSS) [6].

In this paper, the proposed directional coupler has been designed in optimum geometric structural model in the desired frequency band for 900 MHz Global Systems for Mobile Communications (GSM) band (890-915 MHz) applications with the coupling ratio by using machine learning approaches. Machine learning is a

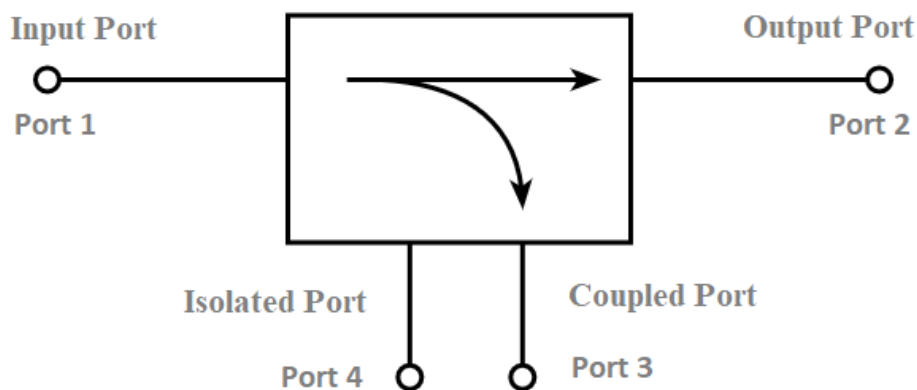
computationally powerful and time effective modelling tool to predict the designated characteristics of the directional couplers to be constructed and utilized in the optimization process. The motivating advantages of ML in terms of learning and approximate complex nonlinear mapping, and exploiting the information contained in a dataset without assumption of data distribution have been utilized as the starting point of directional coupler design. Machine learning algorithm has resulted into 86% of accuracy for given value. Directional coupler structure size to be obtained in 12.75 mm x 15.7 mm ( $0.038 \lambda \times 0.047 \lambda$ ) with the size reduction of 84.68% compared with the conventional directional couplers. The proposed configuration has several advantages such as, computationally powerful and time effective modelling, ideal port isolation and return loss performance, desired the coupling level, simple design with only a single capacitance, cheap design, and small size.

The paper is organized as the follows. The directional coupler structure, principle of working and design of proposed directional coupler structure, data collection for machine learning algorithm and multioutput regressor algorithm are presented in the materials and methods section. In the result and discussion section, the simulation and measurement results are represented. Section conclusion concludes the paper.

## MATERIALS AND METHODS

### Directional Coupler Structures and Working Principles

The directional coupler is a 4-port device used to sample a small amount of input signal strength for measurement purposes. As shown in the Fig 1, port 1 is the input port, port 2 is the output port, port 3 is the combined port, and Port 4 is the isolated/terminated port.



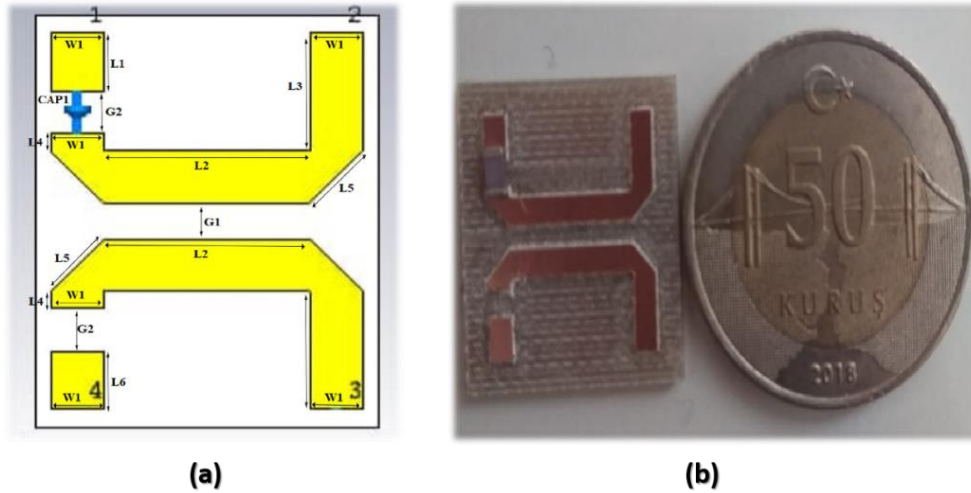
**Figure 1:** Conventional Directional Coupler Structure

When an input signal goes from port 1 to port 2, some of this signal is connected to port 3. Part of the power connected to port 3 depends on the coupling value of the coupler used. For example, if we use a 3 dB connector, the power section between port 2 and port 3 would be 50%, but if we use a 10 dB connector, this power section would be 9: 1. Coupling is one of the basic parameters in which directional coupling is selected. Typical connection values are from 6 dB to 30 dB. Another important feature of the directional coupler is its versatility.

Port 4 of the directional connector is known as an isolated port. The ideal directional clip should not show a signal on the isolated port, but in practice, a small amount of power called back power is obtained on port 4.

### Proposed Phase Shifter Design

The proposed directional coupler the circuit configurations is shown in Fig. 2. The tunable phase shifter was designed on FR4 substrate in the CST Microwave Studio numerical calculation program having loss tangent, dielectric constant and height of 0.025, 4.3, and 1.61 mm respectively. Directional coupler is fabricated as shown in Fig. 2 using standard printed circuit board (PCB) technique. SMD capacitor has been utilized to reduce the overall directional coupler size.



**Figure 2:** The proposed coupler: (a) simulated and (b) fabricated.

### Data Collection for Machine Learning Algorithm

10.560 data have been collected by the numerical computation of generic directional coupler model in CST Microwave Studio at 890 MHz, 900 MHz, and 915 MHz frequencies to determine the ideal coupler geometric structure and coupling ratio for 900 MHz GSM band application. Data were collected by using parameter sweep utilize of the CST Microwave component. Dataset distribution to give multioutput machine learning algorithm as input are shown in Table 1. The collected data by using CST have been divided into two parts with the ratio of 66% for training and 34% for testing processes of machine learning algorithm, respectively.

**Table 1.** Dataset Distribution to Give Multioutput Machine Learning Algorithm as Input

Symbol	G1(mm)	L1(mm)	w1(mm)	SMD(pF)	L3(mm)
Interval	0.3-5	3-20	0.5-3	1-100	0.3-2
Step	0.5	1	0.5	5	0.5
Number	10	18	6	21	4

While collecting the data, four computer were used and simulations in the each computer takes nearly 2 day, but once the training data are collected, it takes only a few seconds to estimate the directional coupler's parameters for 900 MHz GSM band applications.

### Machine Learning Algorithm

When the analytical model of a system is not available, while input and output data can be measured or simulated, machine learning can be an alternate tool to explain the system via mathematical equations. The mathematical model includes numerous parameters that can be optimized to approximate the system transfer function. The determination of the parameter is referred to as a training process that searches for parameters that make the model best fit the data.

In this paper, it has been used multi output regressor algorithm since, there are multioutput. In the Fig. 3 is shown output of the algorithm. Multioutput regressor algorithm has been taken four input value 900 MHz, 20 dB, 0.2 and 15 dB these are working frequency, reflection coefficient, insertion loss, coupling level, respectively.

```

Please Input Frequency Between 890 to 915 MHz: 900
Please Input S11 Below -10 dB: -20
Please Input S21 Above -2 dB: -0.2
Please Input S31 Coupling Level: 15
/usr/local/lib/python3.6/dist-packages/sklearn/multi
  X = check_array(X, accept_sparse=True)
Prediction Results of the Directional Coupler Parame
g(mm): [1.35]
l1(mm): [9.7337]
w(mm): [1.82943]
SMD(pF): [22.87506746]
l3(mm): [2.7382]
    
```

**Figure 3:** Output of the Algorithm

Output of the directional coupler parameter are shown in Table 2. Machine learning algorithm has resulted into 86% of accuracy for given value. Directional coupler structure size to be obtained in 12.75 mm x 15.7 mm ( $0.038 \lambda \times 0.047 \lambda$ ) with the size reduction of 84.68% compared with the conventional directional couplers.

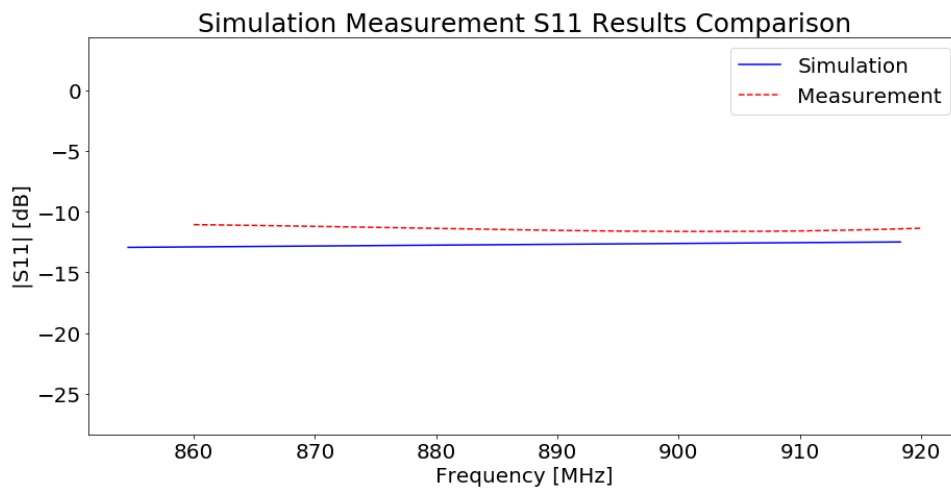
**Table 2.** Machine Learning Output Parameter for Directional Coupler Structure

Symbol	Value
G1(mm)	1.35
L1(mm)	9.7337
w1(mm)	1.82943
L3(mm)	2.7382
SMD(pF)	22.87506746

## RESULTS and DISCUSSION

The S-Parameters measurements are performed by using an Anritsu & Signal Hound Spectrum Analyzer over the frequency range from 890 MHz to 915 MHz. CST Microwave Studio is used to obtain simulation responses of circuit.

The comparison between the measured and simulated reflection coefficients insertion loss, coupling value, and isolation are shown Fig. 4-7 at range 890 MHz to 915 MHz. Since we do not have the capacitor resulting from the estimate, we had to choose a different capacitor than the prediction value. So, it can be observed that the simulated and measured results are not overlap



**Figure 4:** Simulation Measurement S11 Result Comparison

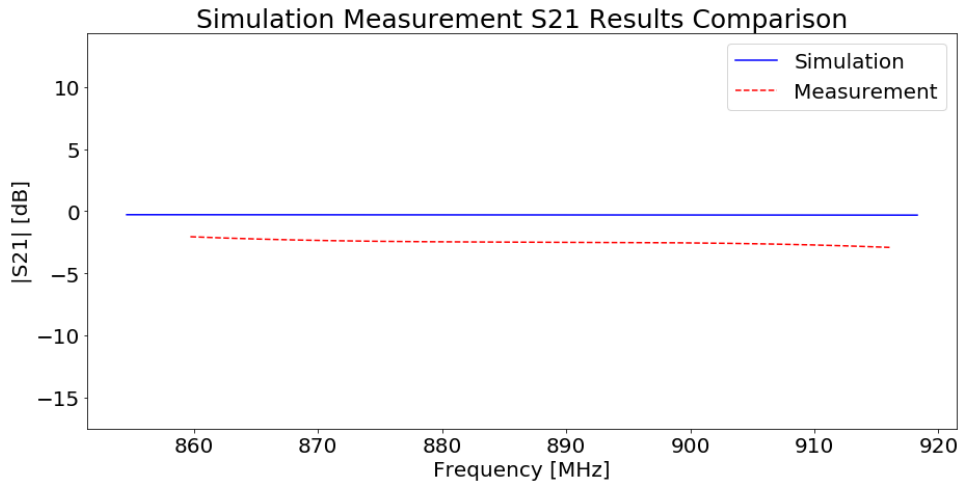


Figure 5: Simulation Measurement S21 Result Comparison

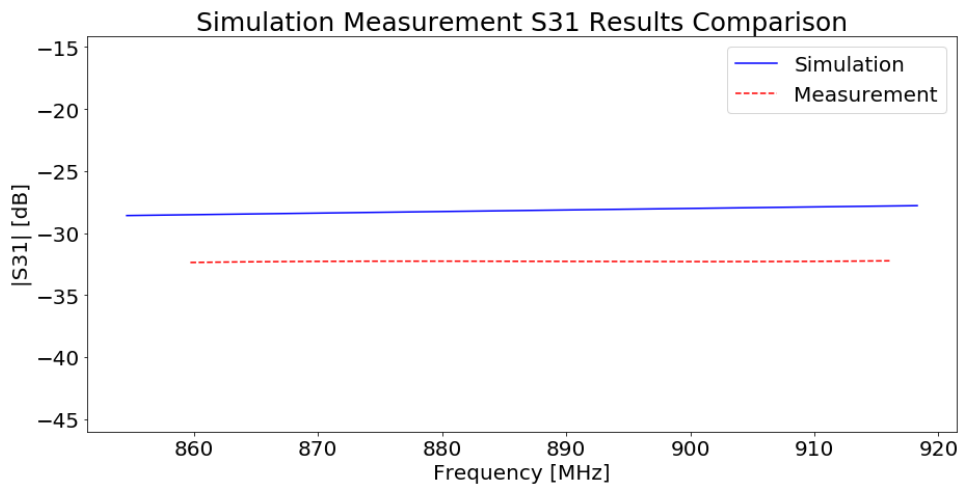


Figure 6: Simulation Measurement S31 Result Comparison

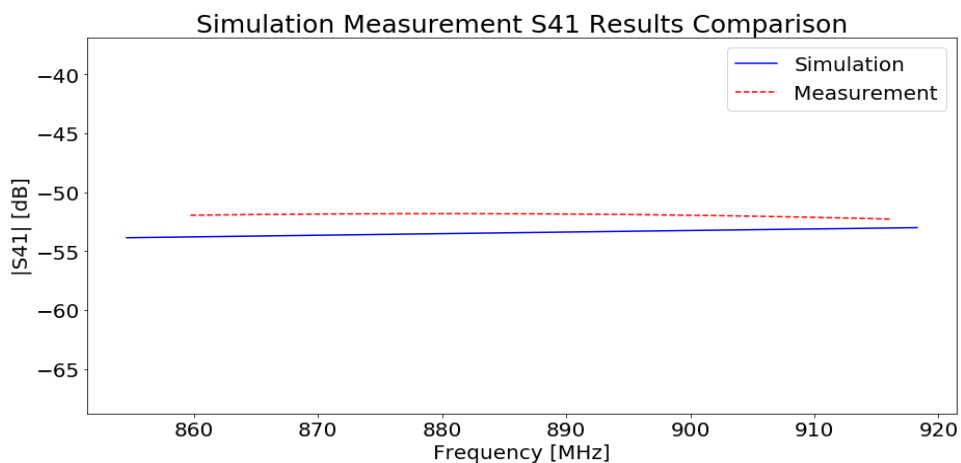


Figure 7: Simulation Measurement S41 Result Comparison

## CONCLUSION

In this paper, the proposed directional coupler has been designed in optimum geometric structural model in the desired frequency band for 900 MHz GSM band (890-915 MHz) applications with the coupling ratio by using machine learning approaches. Machine learning algorithm has resulted into 86% of accuracy for given value. Optimization was performed without using high computational techniques thanks to machine learning algorithm.

In the next stages, it will be presented new algorithm with higher accuracy for directional coupler optimization.



## REFERENCES

- [1] John Persano, Said Mikki, Yahia M. M. Antar, "A novel massively-parallel processing framework for real-time MIMO and smart antenna array beam control", 2017 Computing and Electromagnetics International Workshop (CEM), June 2017.
- [2] C.G. Christodoulou, J.A. Rohwer, C.T. Abdallah, "The use of machine learning in smart antennas", IEEE Antennas and Propagation Society Symposium, June 2004.
- [3] Nan Xu, C.G. Christodoulou, M. Martinez-Ramon, T. Ozdemir "Antenna array processing for radar applications using support vector machines", 2006 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, July 2006.
- [4] Felix Willnecker, Isara Anantavraslip, Bernd Bruegge, "Machine Learning Assisted Position Detection of UHF RFID Tags", Smart SysTech 2012; European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies, June 2012.
- [5] Jinpil Tak , Adnan Kantemur, Yashika Sharma, Hao Xin, "A 3-D-Printed W-Band Slotted Waveguide Array Antenna Optimized Using Machine Learning", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters vol: 17,no: 11, pp:2008-2012, Nov. 2018.
- [6] Qi Wu, Haiming Wang, Wei Hong, "Broadband Millimeter-Wave SIW Cavity-Backed Slot Antenna for 5G Applications Using Machine-Learning-Assisted Optimization Method", 2019 International Workshop on Antenna Technology (iWAT), March 2019.
- [7] Nan Xu, C. G. Christodoulou, S. E. Barbin, M. Martinez-Ramon, "Detecting failure of antenna array elements using machine learning optimization", 2007 IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium, June 2007.
- [8] Lydia de Lange, Danie J. Ludick, "Application of Machine Learning for Antenna Array Failure Analysis", 2018 International Workshop on Computing, Electromagnetics, and Machine Intelligence (CEMi), Nov. 2018.
- [9] Xiangrong Wang, Pengcheng Wang, Xianghua Wang, "Adaptive Sparse Array Reconfiguration based on Machine Learning Algorithms", 2018 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), April 2018.
- [10] Rezvan Rafiee Alavi, Rashid Mirzavand, John Doucette, Pedram Mousavi, "An Adaptive Data Acquisition and Clustering Technique to Enhance the Speed of Spherical Near-Field Antenna Measurements", IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters vol: 18, no: 11, pp: 2325-2329 , Nov. 2019 )

## Vakum tüplü güneş kolektörlerinin absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılabilirlik potansiyelinin araştırılması

Ahmed Düzcun<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3278-6493>), Yusuf Ali Kara<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5598-7293>)

<sup>1\*</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa, Türkiye

<sup>2</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği, Bursa, Türkiye

\* Sorumlu yazar e-mail: [ahmed.duzcan@btu.edu.tr](mailto:ahmed.duzcan@btu.edu.tr)

### Özet

Teknolojinin gelişmesi, dünya ve ülke nüfusunun artması ile enerji ihtiyacı artmaktadır. Konvansiyonel enerji kaynaklarının kısıtlı olmasından dolayı yenilenebilir enerji önemli bir konu haline gelmektedir. Ülkemizde ihtiyaç duyulan enerjinin sağlanabilmesi için çoğunlukla fosil yakıtlar kullanılmaktadır. Yüksek oranda ithal edilen bu yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması ile ülke ekonomisine katkıda bulunmuş olacak ve aynı zamanda çevreye zararlı emisyonlar azalacaktır. Bu çalışmada, Gaziantep, Mersin ve Trabzon illeri için vakum tüplü güneş kolektörlerinin, absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılabilirliği TRNSYS programında analiz edilmiştir. Soğutma yükünün uygulandığı 01 Haziran - 30 Ağustos periyodu için analiz yapılmış ve kolektörlerin sezonal güneş karşılama oranı (SF) hesaplanmıştır. Kolektör tankı ile absorpsiyonlu soğutucu arasında sirküle edilen iş gören akışkanın kolektör tankından absorpsiyonlu soğutucuya gidiş sıcaklığı 85°C ve 90°C olarak iki farklı değere set edilmiş, absorpsiyonlu soğutucudan tanka dönüş sıcaklığı ise her iki durumda 75°C olarak kabul edilmiştir. İş gören akışkan debisinin (yük) farklı değerleri için analizler tekrarlanmıştır. Analizlerde absorpsiyonlu soğutucunun 11:00 – 21:00 saatleri arasında çalıştırıldığı kabul edilmiştir. Yapılan analiz 300 kg/h, 150 kg/h, 60 kg/h ve 30 kg/h yükleri altında yapılmıştır. Gaziantep ili için set sıcaklık değeri 90°C olduğunda vakum tüplü güneş kolektörüyle elde edilen sezonal SF sırasıyla %43, %60, %90, %99 bulunmuştur. Tank set sıcaklığının 85°C'ye azalmasıyla elde edilen sezonal SF sırasıyla %52, %70, %94, %100 olarak elde edilmiştir. Yük miktarının artması sezonal kolektör verimini neredeyse etkilememektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Vakum Tüplü Güneş Kolektörü, Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi, TRNSYS, Güneş Karşılama Oranı, Güneş Enerjisi, Yenilenebilir Enerji

### Investigation of the usage potential of evacuated tube collectors for absorption cooling system

#### Abstract

The need for energy increases with the development of technology, the increase in the population of world and country. Renewable energy is an important issue due to the limited number of conventional energy sources. In our country, mostly fossil fuels are used to provide the energy needed. Using renewable energy sources instead of these highly imported fuels contributes the economy of country and emissions that will harm the environment will also decrease. In this study, the utilizability of evacuated tube solar collectors for the provinces of Gaziantep, Mersin and Trabzon was analyzed in the TRNSYS software. Analyzes were carried out for the period between 01 June - 30 August, where the cooling load occurred, and the seasonal solar fraction (SF) of the collectors was calculated. The flow temperature of the working fluid circulated between the collector tank and the absorption chiller was set at two different values as 85°C and 90°C, and the return temperature from the absorption chiller to the tank was accepted as 75°C in both cases. Analyzes were repeated for different values of the working fluid flow (load). In the analyzes, it is assumed that the absorption chiller is operated between 11:00 - 21:00. The analysis was conducted under the loads of 300 kg/h, 150 kg/h, 60 kg/h and 30 kg/h. Seasonal SF obtained by evacuated tube solar collector was found %43, %60, %90, %99, respectively, when the set temperature value was 90°C for Gaziantep province. The seasonal SF obtained by decreasing the tank set temperature to 85°C was obtained as %52, %70, %94, %100, respectively. The increase in the amount of load almost does not affect the seasonal collector efficiency.

**Keywords:** Evacuated Tube Solar Collector, Absorption Cooling System, TRNSYS, Solar Fraction, Solar Energy, Renewable Energy

## GİRİŞ

Son yıllarda ihtiyaç duyulan enerji miktarı artmaktadır. Ülkemizde ise 2016 Eylül sonu verilerine göre kurulu güç miktarının %44.7'si ithal kaynaklardan sağlanmaktadır. Aynı yılın verilerine göre ülkemizde üretilen elektrik enerji miktarının %7.3'ü yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilmektedir [1]. Kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarının oranının artması ile ithal edilen ürün miktarı düşecektir. Bu sayede hem ekonomiye katkı sağlanmış olunacak hem de çevreye yayılan zararlı emisyonlar azalacaktır. Sokhansefat vd. [2] Tahranda güneş destekli absorpsiyonlu soğutma sistemini hem TRNSYS programında modellemiş hem de deneysel çalışma yaparak analiz etmişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda kollektör alanı 55 m<sup>2</sup>, kollektör debisi 1000 kg/h, kollektör eğimi 35°, set sıcaklığını 77°C optimum değerler olarak hesaplanmıştır. Karaçavuş [3] sıcak su elde etmek amacıyla düz güneş kollektörü kullanarak TRNSYS programında Türkiye'deki farklı iller için analiz gerçekleştirmiştir. Yapılan çalışma sonucunda İzmir ili için optimum kollektör alanını 4.12 m<sup>2</sup>, optimum kollektör eğim açısını ise 42.42° olarak hesaplamıştır. Aynı il için Ocak ayında güneş karşılama oranı %39 iken, yıl bazında elde edilen güneş karşılama oranı ise %67 olarak bulunmuştur.

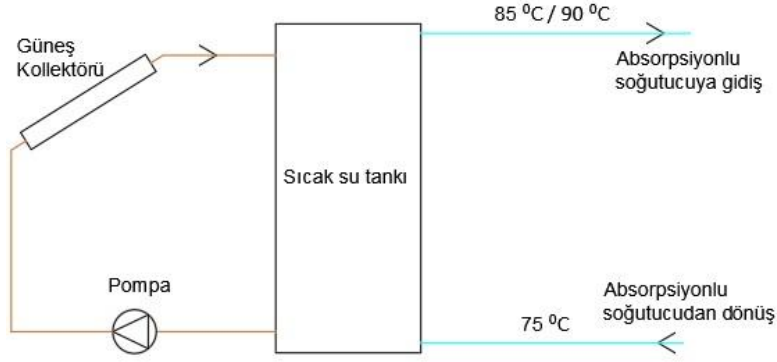
Azimi vd. [4] İranda sıcak su elde edebilmek için TRNSYS programında sistemi modelleyerek analizi gerçekleştirmişlerdir. Sistemde kullanılan sıcak su tankının en üst katmanında yaklaşık 80°C sıcaklık elde edilmiştir. Elde edilen kollektör çıkış sıcaklıkları maksimum 80°C, faydalı ısı miktarı 2500 kJ/h, güneş karşılama oranı ise %90 a kadar çıkabilmiştir. Hang vd. [5] güneş enerjisi kullanılarak soğutma işlemi yapabilmek için bir test merkezi kurmuşlardır. Kurulan sistemde 54 m<sup>2</sup>'lik kollektör alanına sahip olan parabolik kollektör kullanılarak 23 kW soğutma gücüne sahip olan çift etkili absorpsiyonlu soğutma sisteminin çalışması amaçlanmıştır. Deneysel çalışma sonucunda kollektörün günlük verimleri %36 - %39 arasında bulunmuştur. LiBr ile çalışan sistemin ortalama COP değeri ise 0.91 – 1.02 arasında gerçekleşmiştir.

Florides vd.[6] Lefkoşa verilerini kullanarak absorpsiyonlu soğutma sisteminin modellemesini ve simülasyonunu yapmışlardır. Absorpsiyonlu soğutucu, hem geleneksel kazanlar hem de güneş kollektörleriyle desteklenmiştir. Optimize edilen sistem, 30°'lik eğimli, 15 m<sup>2</sup>'lik alana sahip CPC kollektör ve 600 L'lik depolama tankından oluşmaktadır. Kollektör eğim açısı, termostat set sıcaklığı, sıcak su depolama tank hacmi, kollektör alanına göre enerji miktarlarının değişimi gözlenmiştir. Kuyumcu vd. [7] LiBr-H<sub>2</sub>O akışkan çiftinin olduğu tek etkili güneş destekli absorpsiyonlu soğutma sistemi ile Kahramanmaraş'taki bir mekanın soğutulabilmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Hem düz hem de vakum tüplü güneş kollektörleri kullanılarak kollektör verimi ve optimum kollektör alanı hakkında bilgi vermişlerdir. Tasarlanan sistemin soğutma ihtiyacının karşılanabilmesi için vakum tüplü güneş kollektöründen minimum 19,2 m<sup>2</sup> olması gerektiği belirtilmiştir.

Zhai vd. [8] Shangai üniversitesinde kurulumu yapılan mini absorpsiyonlu soğutma sistemini incelemişlerdir. 96 m<sup>2</sup>'lik vakum tüplü güneş kollektör alanına sahip sistemin soğutma kapasitesi 8 kW, depolama tank hacmi ise 3 m<sup>3</sup>'tür. Kollektör dizisinin günlük ortalama verimi ise %46 olarak bulunmuştur. Bu çalışmada güneş enerjisinin absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılabilirliği üzerine sezonal bir çalışma yapılmıştır. Kollektör tipi, yük miktarı, set sıcaklığına göre SF ve kollektör verimlerinin değişimi gözlenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

TRNSYS programında özellikle vakum tüplü güneş kollektörlerinin absorpsiyonlu soğutma sisteminde kullanılmasıyla yaz sezonu boyunca ne kadar enerjinin güneşten karşılandığı ve sezonluk kollektör veriminin nasıl değiştiği araştırılmıştır. Sistemde iş gören akışkan olarak su kullanılmıştır. Suyun sıcaklıkla yoğunluğunun ve özgül ısı değerinin değişmediği kabul edilmiştir. Ayrıca absorpsiyonlu soğutucuya gidiş hattında akışkanın sıcaklığı 85°C veya 90°C, absorpsiyonlu soğutucu dönüş hattındaki akışkanın sıcaklığı ise 75°C olarak kabul edilmiştir. Şekil-1'de sisteme ait şematik resim görülmektedir. Şekil-2'de vakum tüplü güneş kollektörünün olduğu TRNSYS modeli, Şekil-3'te ise düz güneş kollektörüne ait TRNSYS modeli görülmektedir.



Şekil 1. Sistem şeması

### Güneş Kollektörü

Simülasyonda, düz güneş kolektörü için Type 1c, vakum tüplü güneş kolektörü için de Type 71 kullanılmıştır. Yapılan analiz, yaz sezonunu kapsadığından dolayı kolektör eğim açısı aşağıdaki gibi alınmıştır [9].

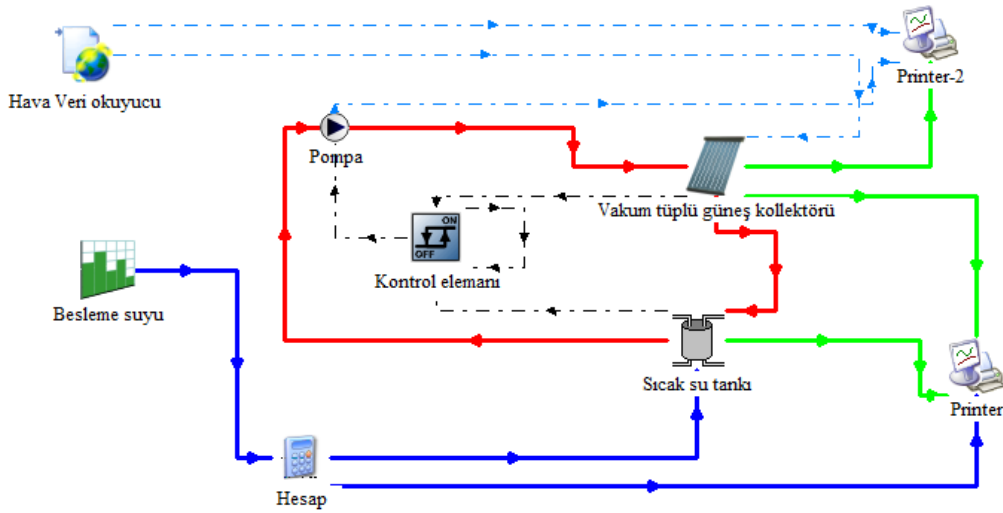
$$\beta = \theta - 15$$

(1)

Kollektör verimi aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır [10];

$$\eta = \frac{Q_u}{A I_T} = \frac{\dot{m} c_p (T_o - T_i)}{A I_T} = F_R (\tau \alpha)_n - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{I_T}$$

(2)



Şekil 2. Vakum tüplü güneş kolektörüyle oluşturulan simülasyonun görüntüsü

Ancak,  $U_L$  değeri tam olarak sabit bir ifade olmadığından sıcaklık farkına göre daha iyi bir ifade aşağıdaki gibi yazılabilmektedir [10];

$$\eta = F_R (\tau \alpha)_n - F_R U_L \frac{(T_i - T_a)}{I_T} - F_R U_{L/T} \frac{(T_i - T_a)^2}{I_T}$$

(3)

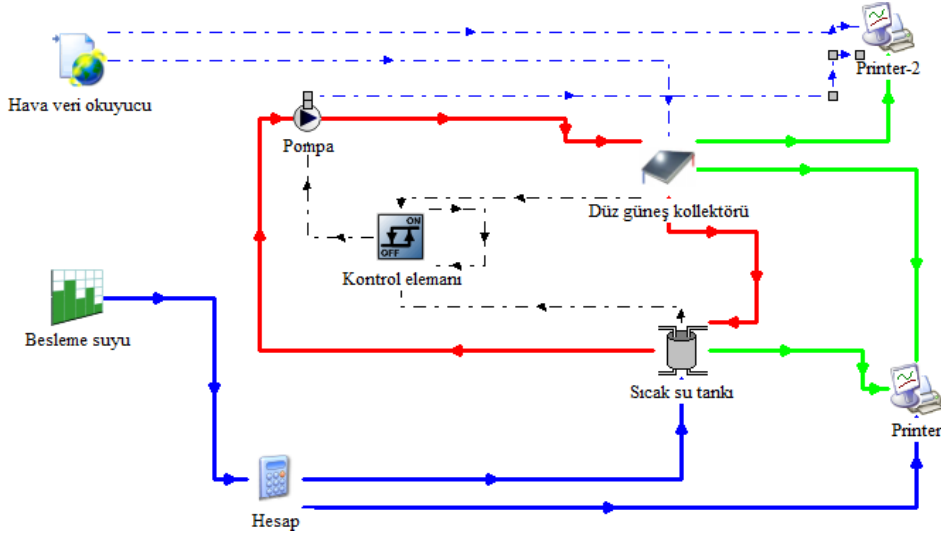
Kısacası kolektör verimi aşağıdaki gibi özetlenebilir [10];

$$\eta = a_0 - a_1 \frac{\Delta T}{I_T} - a_2 \frac{\Delta T^2}{I_T}$$

(4)

Yukarıdaki denklemde yer alan sıcaklık farkları aşağıdaki gibi farklı sıcaklıklara göre yazılabilmektedir [10];

$$\Delta T = \begin{cases} \Delta T_i = T_i - T_a \\ \Delta T_{av} = T_{av} - T_a \\ \Delta T_o = T_o - T_a \end{cases} \quad (5)$$



Şekil 3. Düz güneş kolektörüyle oluşturulan simülasyonun görüntüsü

Kollektöre ait parametre ve girdi bilgileri Tablo-1’de, geliş açısı düzeltme faktörüne ait bilgiler ise Tablo-2’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Düz ve vakum tüplü güneş kolektörlerine ait parametre ve girdi değerleri

Parametre	Düz güneş kolektörü			Vakum tüplü güneş kolektörü		
	İsim	Değer	Birim	Değer	Birim	
Parametre	Kollektör alanı	5	m <sup>2</sup>	5	m <sup>2</sup>	
	Özgül ısı değeri	4.19	kJ/kgK	4.19	kJ/kgK	
	Verim modu	2	-	2	-	
	Test debisi	68.4	kg/hm <sup>2</sup>	72	kg/hm <sup>2</sup>	
	a <sub>0</sub>	0.749	-	0.510	-	
	a <sub>2</sub>	3.826	W/m <sup>2</sup> K	1.292	W/m <sup>2</sup> K	
	a <sub>1</sub>	0.033	W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>	0.004	W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>	
	Optik mod	3	-	-	-	
	IAM sayısı	9	-	-	-	
	IAM sayısı (en)	-	-	9	-	
	IAM sayısı (boy)	-	-	9	-	
	Girdi	Giriş sıcaklığı	30	°C	30	°C
		Giriş debisi	45	kg/h	45	kg/h
Çevre sıcaklığı		30	°C	30	°C	
Kollektör eğimi		22.06/21.08/26	°	22.06/21.08/26	°	

**Tablo 2.** Düz ve vakum tüplü güneş kolektörlerine ait güneş geliş açısı düzeltme faktörü

Düz güneş kolektörü	Geliş açısı	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	IAM		1.00	0.99	0.97	0.95	0.91	0.83	0.68	0.35
Vakum tüplü güneş kolektörü	Geliş açısı	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
	IAM (en)	1.00	0.99	0.98	0.96	0.92	0.86	0.74	0.38	0.00
	IAM (boy)	1.00	0.99	1.02	1.02	1.02	0.95	0.70	0.35	0.00

Gerekli olan enerjinin, hangi oranda güneş kolektörü tarafından sağlandığını tespit edebilmek için güneş karşılama oranı aşağıdaki gibi hesaplanabilir [2];

$$SF = 1 - \frac{Q_{aux}}{Q_u + Q_{aux}} \quad (6)$$

### Sıcak Su Depolama Tankı

Simülasyonda Type 38 modülü kullanılmıştır. Tankta bulunan iş gören akışkanın sıcaklığı set sıcaklığına ulaştığında yardımcı ısıtıcı çalışmamaktadır. Yardımcı ısıtıcının çalışmadığı durumda gerekli enerjinin tamamı güneş kolektöründen sağlanmış olacaktır. Fakat tankta bulunan akışkanın sıcaklığı set sıcaklığında olmazsa yardımcı ısıtıcı aktif hale gelmekte ve tank sıcaklığı set sıcaklığına ulaşana kadar yardımcı ısıtıcı çalışmaktadır. Sıcak su depolama tankına ait parametre ve girdi bilgileri Tablo-3 ve Tablo-4'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.** Sıcak su depolama tankına ait parametre bilgileri

İsim	Düz güneş kolektörü		Vakum tüplü güneş kolektörü	
	Değer	Birim	Değer	Birim
Giriş konumu modu	1	-	1	-
Tank hacmi	0.3	m <sup>3</sup>	0.3	m <sup>3</sup>
Tank yüksekliği	1.5	m	1.5	m
Kolektörden dönüş hattı yüksekliği	1.2	m	1.2	m
Özgül ısı değeri	4.19	kJ/kgK	4.19	kJ/kgK
Akışkan yoğunluğu	975	kg/ m <sup>3</sup>	975	kg/ m <sup>3</sup>
Termal iletkenlik	0.1214	W/mK	0.1214	W/mK
Tank konfigürasyonu	1	-	1	-
Kayıp katsayısı	1.388	W/K	1.388	W/K
Yalıtım oranı	1	-	1	-
İlk sıcaklık	30	°C	30	°C
Maksimum ısıtma oranı	16200	kJ/h	16200	kJ/h
Yardımcı ısıtıcı yüksekliği	1.3	m	1.3	m
Termostat yüksekliği	1.4	m	1.4	m
Set sıcaklığı	85/90	°C	85/90	°C
Ölü bant sıcaklığı	5	deltaC	5	deltaC
Baca kayıp katsayısı	0	kJ/hK	0	kJ/hK

**Tablo 4.** Sıcak su depolama tankına ait girdi bilgileri

İsim	Düz güneş kolektörü		Vakum tüplü güneş kolektörü	
	Değer	Birim	Değer	Birim
Sıcak taraf sıcaklığı	30	°C	30	°C
Sıcak taraf debisi	45	kg/h	45	kg/h
Soğuk taraf sıcaklığı	75	°C	75	°C
Soğuk taraf debisi	30/60/150/300	kg/h	30/60/150/300	kg/h
Çevre sıcaklığı	30	°C	30	°C
Kontrol sinyali	1	-	1	-

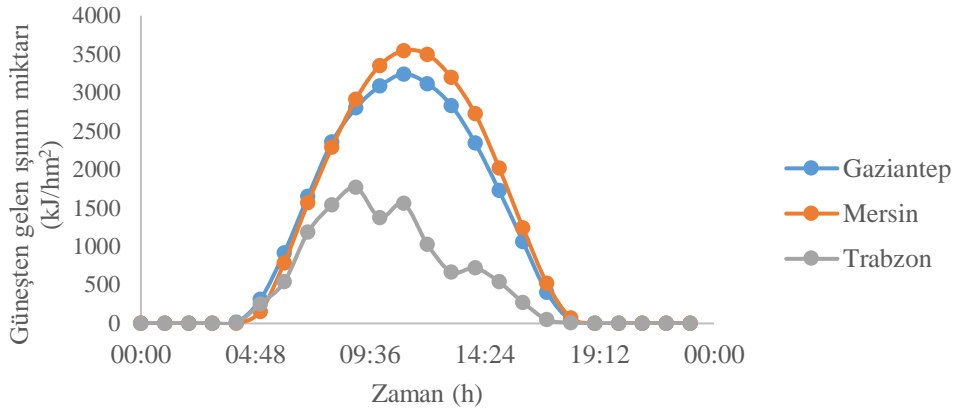
## BULGULAR VE TARTIŞMA

TRNSYS programında yapılan simülasyon ile elde edilen sonuçlar bu bölümde tartışılmıştır. Yaz sezonu boyunca (Haziran ayının başından Ağustos ayının sonuna kadar) tanktan absorpsiyonlu chillere (AC) giden yük miktarına, tank set sıcaklığına, kolektör tipine göre SF ve kolektör veriminin nasıl değiştiği analiz edilmiştir. Gaziantep, Mersin ve Trabzon illeri için bu çalışmalar yapılmıştır. Güneşten gelen ışınım değerlerinin Temmuz ayı ortalama gününe göre nasıl değiştiği Şekil-4'te gösterilmiştir. Şekil-5'te ise, sezon boyunca kolektöre gelen toplam ışınım değeri miktarı farklı iller için gösterilmektedir.

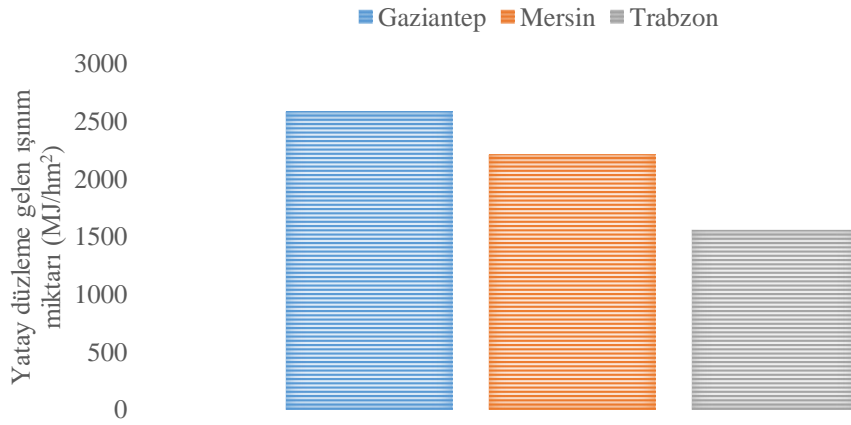
Şekil-6'da düz güneş kolektöründe tank set sıcaklığı 85°C olduğu durumda tanktan çekilen yük miktarına göre SF'nin değişimi görülmektedir. Yük miktarı arttıkça SF değerinde azalma meydana gelmektedir. Gaziantep ili için elde edilen SF oranları diğer illere göre daha yüksek olmaktadır. Trabzon ilinin enlemi daha büyük olduğu için daha düşük ışınım değeri elde edilmekte, dolayısıyla çalışma yapılan diğer illere göre daha düşük SF elde edilmektedir. Yük değeri 30 kg/h, 60 kg/h, 150 kg/h ve 300 kg/h olduğunda Gaziantep için elde edilen SF oranı sırasıyla %99 - %88 - %63 - %49 olmuştur.

Şekil-7'de vakum tüplü güneş kolektöründe tank set sıcaklığı 85°C olduğu durumda tanktan çekilen yük miktarına göre SF'nin değişimi görülmektedir. Vakum tüplü güneş kolektöründe de yük miktarının artmasıyla SF oranında düşmeler meydana gelmiştir. Gaziantep ili için yük miktarı 30 kg/h, 60 kg/h, 150 kg/h ve 300 kg/h olduğunda elde edilen SF oranı değerleri sırasıyla %100 - %94 - %70 - %52 olmuştur. Düz ve vakum tüplü güneş kolektörlerini karşılaştırdığımızda vakum tüplü güneş kolektörleriyle daha yüksek SF oranı elde edilmektedir. Yük miktarı 150 kg/h olduğunda düz güneş kolektörüyle elde edilen SF oranı %63 iken, vakum tüplü güneş kolektöründe ise %70 oranında elde edilmektedir. Şekil-8'de ise vakum tüplü güneş kolektöründe yük miktarı ve set sıcaklığına göre SF'nin değişimi görülmektedir. Set sıcaklığı arttığında SF oranında düşme meydana gelmektedir. Yük miktarı 150 kg/h iken, set sıcaklığı 85°C olduğunda %70 olan SF oranı, set sıcaklığı 90°C'ye çıkarıldığında ise %60'a düşmektedir.

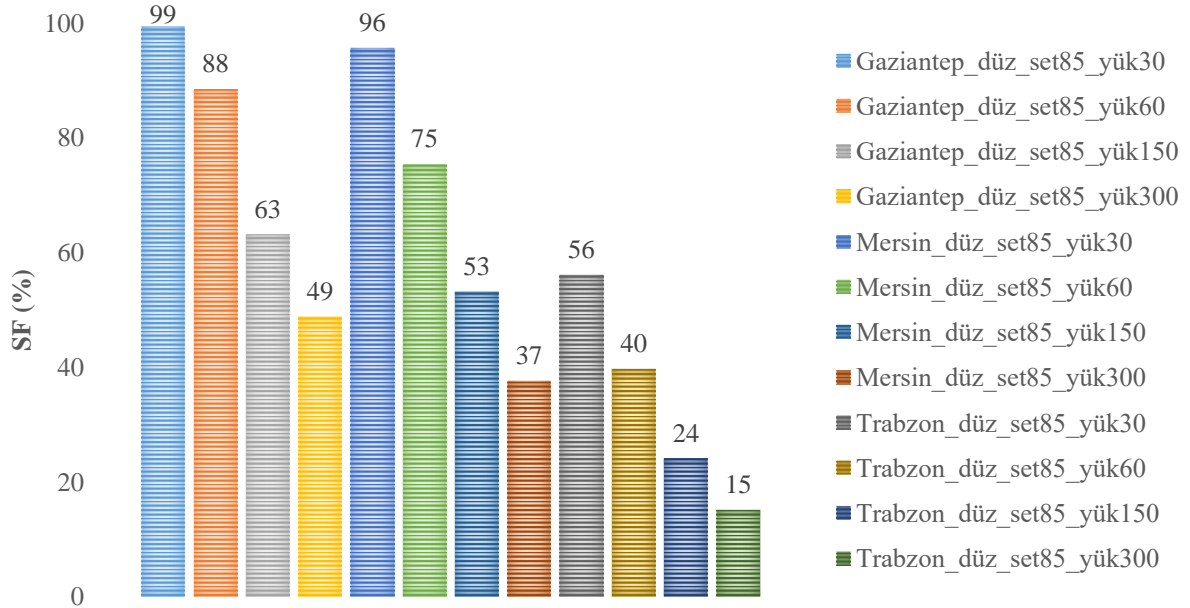
Şekil-9'de ise, tanktan çekilen yük miktarına ve kolektör tipine göre tank set sıcaklığı 85°C olduğunda kolektör veriminin değişimi görülmektedir. Yük miktarının artmasıyla kolektör veriminde 30 kg/h'ten 60 kg/h'e çıktığında %1 lik bir artış meydana gelmektedir. Fakat yük miktarı 60 kg/h'ten 300 kg/h'e çıktığında kolektör veriminde neredeyse bir değişim olmamaktadır. Vakum tüplü güneş kolektörleriyle elde edilen kolektör verimi Gaziantep, Mersin ve Trabzon için sırasıyla yaklaşık olarak %35, %32, %25 elde edilirken, düz güneş kolektöründe sırasıyla %27, %27, %12 elde edilmiştir. Şekil-10'da vakum tüplü güneş kolektöründe tank set sıcaklığı ve yük miktarına göre kolektör veriminin değişimi görülmektedir. Tank set sıcaklığının 85°C'den 90°C'ye çıkması ile kolektör veriminde bir değişim olmamaktadır.



Şekil 4. Temmuz ayı ortalama günü için yatay düzleme gelen ışıının miktarının illere göre değişimi

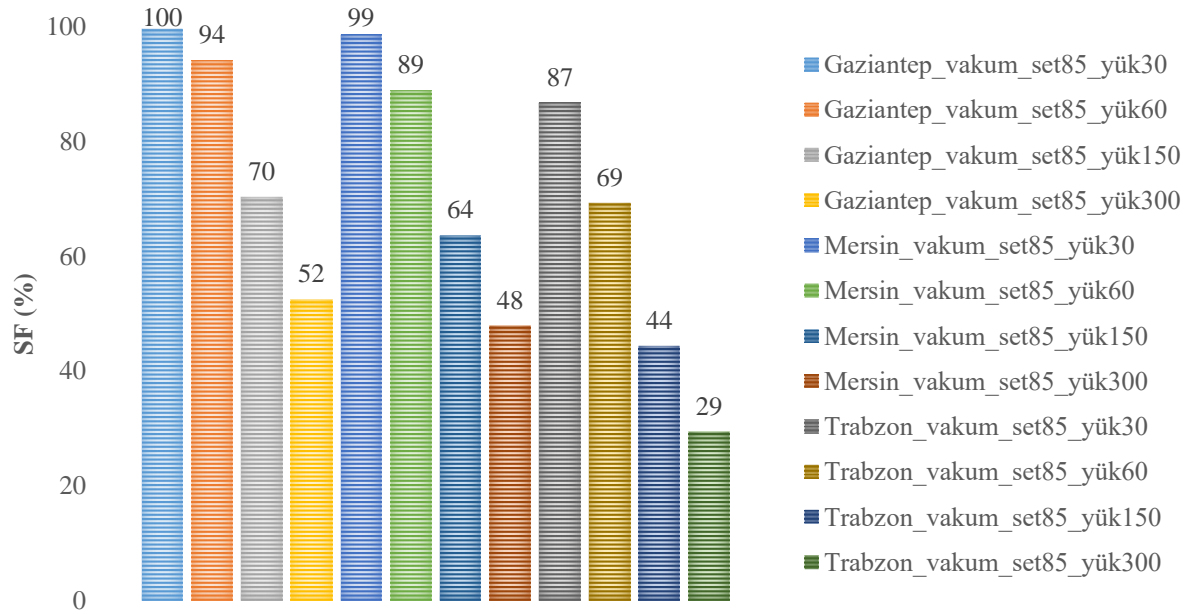


Şekil 5. Yatay düzleme gelen sezonal ışıının miktarının illere göre değişimi

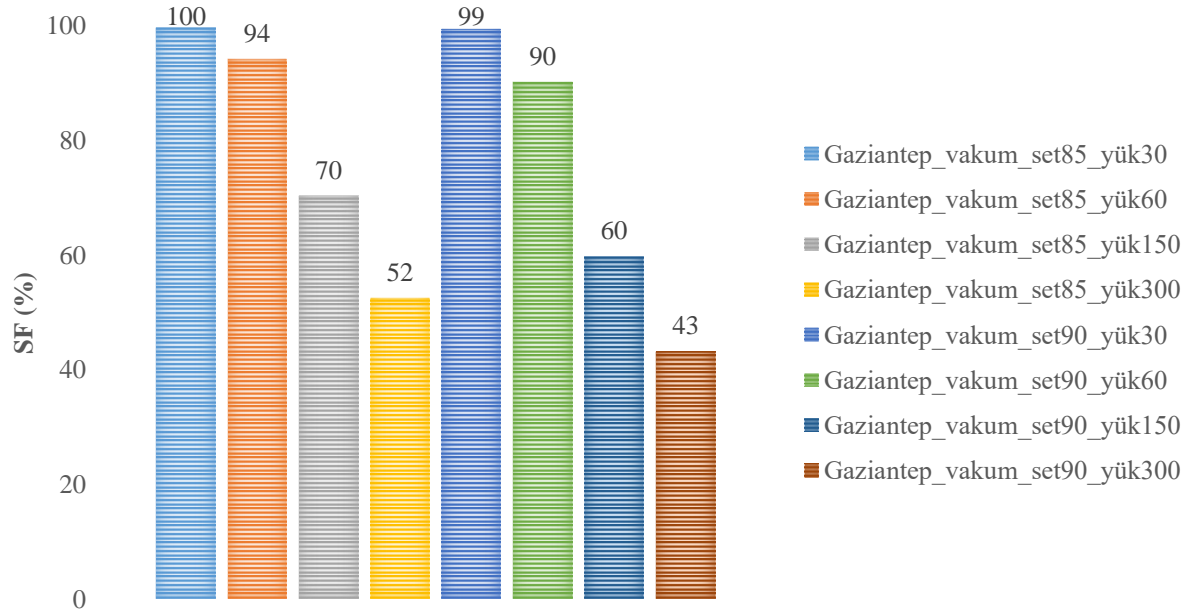


Şekil 6. Düz güneş kolektöründe tank set sıcaklık değeri 85°C iken SF değerinin yüke göre değişimi

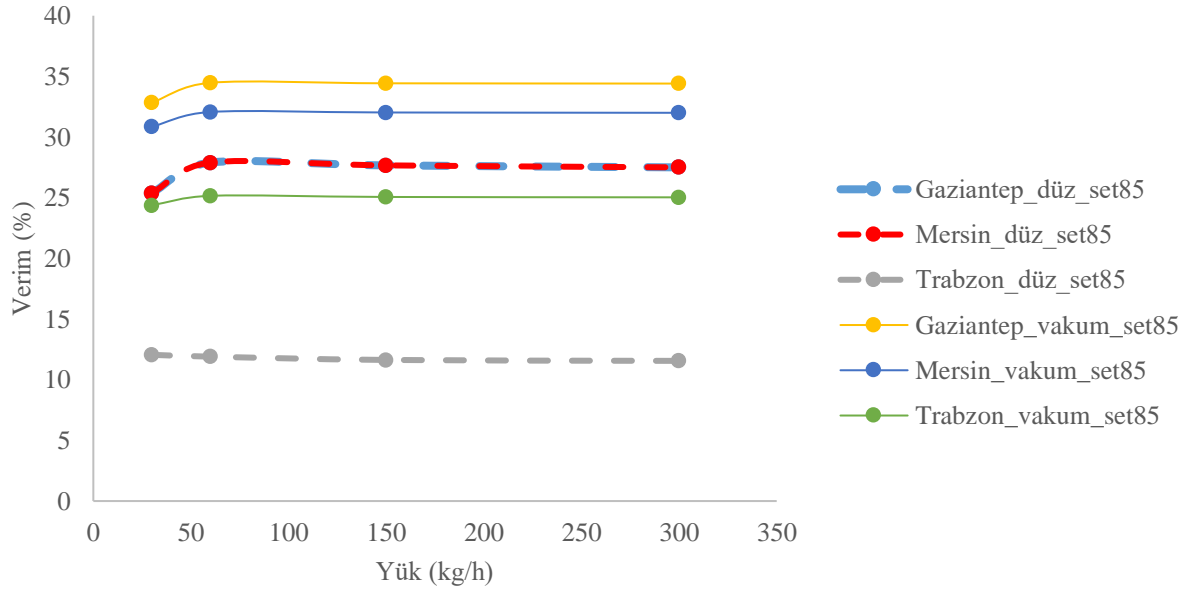




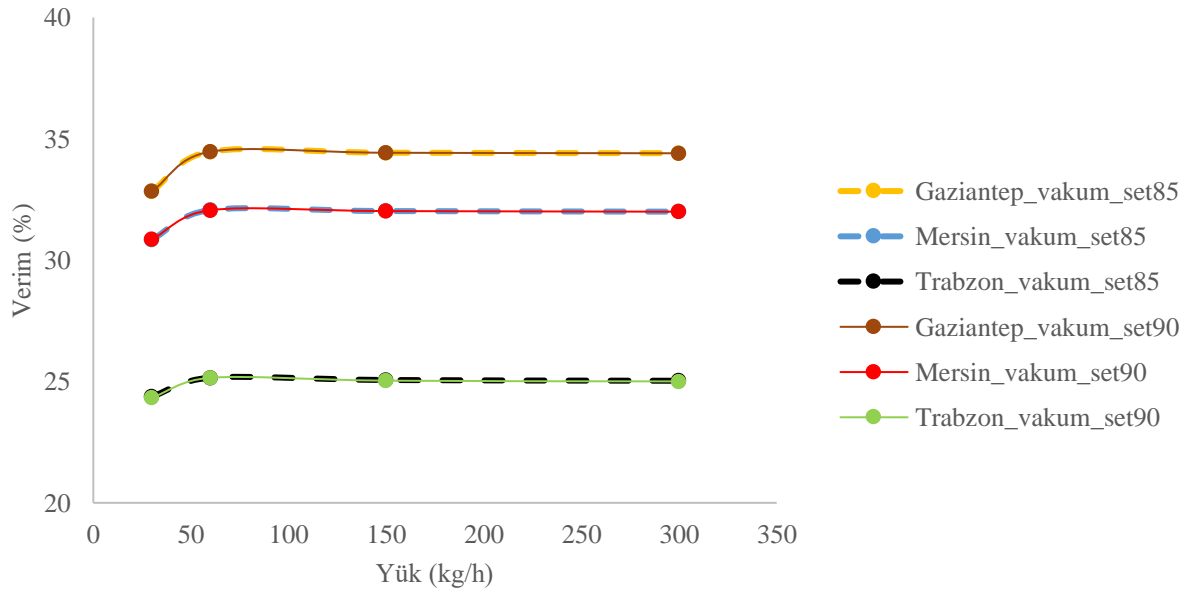
Şekil 7. Vakum tüplü güneş kolektöründe set sıcaklık değeri 85°C iken SF değerinin yüke göre değişimi



Şekil 8. Vakum tüplü güneş kolektöründe SF değerinin tank set sıcaklık değeri ve yük miktarına göre değişimi



Şekil 9. Kollektör veriminin yük ve kollektör tipine göre değişimi



Şekil 10. Vakum tüplü güneş kollektör veriminin yük ve illere göre değişimi

## SONUÇLAR

Bu çalışmada, sezonal SF ve kollektör veriminin, tank set sıcaklığına, yük miktarına ve kollektör tipine göre nasıl değiştiği TRNSYS programında incelenmiştir. Yük miktarı 300 kg/h, 150 kg/h, 60 kg/h ve 30 kg/h olacak şekilde 11:00 – 21:00 saatleri arasında uygulanmıştır.

Analiz sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Düz güneş kollektöründe ve vakum tüplü güneş kollektöründe uygulanan yük miktarının artmasıyla SF oranlarında azalma meydana gelmektedir. Aynı yük miktarı için güneşten gelen ışınım miktarı yüksek olan illerde daha yüksek SF oranı elde edilmektedir. Düz güneş kollektöründe Mersin ilinde set sıcaklığı 85°C olduğunda ve 300 kg/h, 150 kg/h, 60 kg/h ve 30 kg/h yük uygulandığında elde edilen SF oranları sırasıyla %37, %53, %75, %96 olarak elde edilmiştir. Vakum tüplü güneş

kollektöründe ise elde edilen SF oranları sırasıyla %48, %64, %89, %99 olarak elde edilmiştir. Vakum tüplü güneş kollektöründe, düz güneş kollektörüne göre daha yüksek oranda SF elde edilmiştir.

- Set sıcaklık değeri 85°C den 90°C'ye çıktığında daha fazla enerji ihtiyacı duyulmaktadır. Gelen enerji miktarı sabit olduğundan dolayı set sıcaklığının artmasıyla SF oranında azalma meydana gelmektedir. Gaziantep ilinde vakum tüplü güneş kollektörü için set sıcaklığı 85°C ve yük miktarı 60 kg/h olduğunda elde edilen SF oranı %94 iken, set sıcaklık değeri 90°C olduğunda aynı yük miktarında ise %90 SF oranı elde edilmektedir.
- Yük miktarının artması ve tank set sıcaklığının 85°C'den 90°C'ye çıkması kollektör verimini neredeyse etkilememektedir. Sadece yük miktarının 15 kg/h'ten 60 kg/h'e çıktığında kollektör veriminde yaklaşık %1'lik bir artış gözlenebilmektedir. Vakum tüplü güneş kollektörlerinde, düz güneş kollektörüne göre daha yüksek kollektör verimi elde edilmektedir. Mersin için vakum tüplü güneş kollektöründe %32 kollektör verimi elde edilirken, düz güneş kollektöründe ise %27 oranında kollektör verimi elde edilmiştir.

### Kısaltmalar

- $a_0$ : Maksimum verim (Intercept)  
 $a_1$ : Birinci derece kayıp katsayısı  
 $a_2$ : İkinci derece kayıp katsayısı  
AC: Absorpsiyonlu chiller (Absorpsiyonlu soğutucu)  
COP: Performans katsayısı  
IAM: Geliş açısı düzeltme faktörü  
SF: Güneş karşılama Oranı (Solar Fraction)  
TRNSYS: Transient system simulation tool  
 $\beta$ : Eğim açısı  
 $\phi$ : Enlem açısı  
 $\eta$ : Verim  
 $Q_u$ : Faydalı ısı miktarı  
A: Kollektör alanı  
 $I_T$ : Güneşten gelen ışınım miktarı  
 $\dot{m}$ : Kollektör devresindeki debi  
 $c_p$ : Özgül ısı  
T: Sıcaklık  
 $F_R$ : Isı kazanç faktörü  
 $(\tau\alpha)_n$ : Yüzeye dik gelen ışınım için yutma-geçirme çarpımı  
 $U_L$ : Isı kayıp katsayısı  
 $U_{L/T}$ : Sıcaklığa bağlı kayıp katsayısı  
 $\Delta T$ : Sıcaklık farkı  
 $Q_{aux}$ : Yardımcı ısıtıcıdan kullanılan ısı miktarı

### Alt simge

- o: çıkış  
i: giriş  
av: ortalama  
a: çevre

## KAYNAKLAR

- Azimi, M., Mirjavadi, S. S., Mohammadkarim, A., (2016). Simulation and Optimization of Vacuum Tube Solar Collector Water Heating System in Iran. *Journal of Science and Engineering*, 07 (01), 001-019.
- Dünya ve Türkiye Enerji ve Tabii Kaynaklar Görünümü. (01.10.2016).
- Florides, G. A., Kalogirou, S. A., Tassou, S. A., Wrobel, L. C., (2002). Modeling and simulation of an absorption solar cooling system for Cyprus, *Solar Energy*, 72, 43-51
- Hang, Y., Qu, M., Winston, R., Jiang, L., Widyolar, B., Poiry, H., (2013). Experimental based energy performance analysis and life cycle assessment for solar absorption cooling system at University of Californian, Merced. *Energy and Buildings*, 82, 746-757., doi: 10.1016/j.enbuild.2014.07.078
- Karaçavuş, B., (2012). Güneş Enerjili Su Isıtma Sisteminin Optimizasyonu, *Tesisat Mühendisliği*, 128, 71-78.
- Klein, S. A., Beckman, W. A., Mitchell, J. W., Duffie, J. A., Duffie, N. A., Freeman, T. L., Mitchell, J. C., Braun, J. E., Evans, B. L., Kummer, J. P., Urban, R. E., Fiksel, A., Thornton, J. W., Blair, N. J., Williams, P. M., Bradley, D. E., McDowell, T. P., Kummert, M., Arias, D. A., Duffy, M. J., (2014). TRNSYS 17 a transient systems simulation program Mathematical Reference, Wisconsin, Solar Energy Laboratory.
- Kuyumcu, M. E., Şahin, H. E., Yumrutaş, R., İmal, M., (2015). Kahramanmaraş kentinde Güneş Enerjisi Destekli Absorpsiyonlu Soğutma Sistemi Kullanılarak Bir Apartman Dairesinin Soğutulması. *KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (2), 25-32.
- Sokhansefat, T., Mohammadi, D., Kasaeian, A., Mahmoudi, A. R., (2017). Simulation and Parametric Study of a 5-ton Absorption Cooling System in Tehran. *Energy Conversion and Management*, 148, 339-351., doi:10.1016/j.enconman.2017.05.070.
- Yiğit, A. & Atmaca, İ., (2010). Güneş Enerjisi, Bursa, Alfa-Aktüel
- Zhai, X., Li, Y., Cheng, X., Wang, R. (2015). Experimental investigation on a solar-powered absorption radiant cooling system, *Energy Procedia*, 70, 552-559., doi: 10.1016/j.egypro.2015.02.160

## Modal analysis of model steel bridge by finite element method

Sertaç Tuhta<sup>1</sup>, (<https://orcid.org/0000-0003-2671-6894>), Furkan Günday<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2979-9373>), Hakan Aydın<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1886-5497>), Mohammad ALALOU<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-2213>)

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Samsun, Turkey.

<sup>1\*</sup>Corresponding author e-mail: aydnhakan@gmail.com

### Abstract

Dynamic loads are known to be of great importance in bridge designs. In recent years, loss of life and property has occurred in our country in various earthquakes. This loss of life and property must be prevented. Dynamic loads are known to come into play right at this point. Dynamic loads affecting the bridge should be carefully determined and modal analysis should be done with great care. Thus, a more accurate carrier system design can be realized by obtaining more accurate information about the dynamic behavior of the bridge. For this reason, modal analysis of model steel bridge in the laboratory environment is performed and results are revealed. Finite element method is used as a method for modal analysis. As a result of the analysis, the first 5 mode shapes and period values of the bridge were obtained. The dominant period of the model steel bridge was determined as 0.174 seconds. The dominant frequency of the model steel bridge was determined as 5.743 Hz. Displacement and torsion are observed in the mode shapes in the model steel bridge at five modes. This study is an example of obtaining period and mode shapes by modeling an existing bridge with the finite element method and modal analysis. Considering the mode shapes and the dominant period value of the model steel bridge, it is clearly concluded that dynamic loads are of great importance in bridge designs where this design against dynamic effects is successful.

**Keywords:** Modal Analysis, Finite Element Method, Model steel bridge, Period, Frequency

### INTRODUCTION

Today, the importance of transportation is increasing day by day. Bridges are also one of the main parts of transportation. Steel structures are among the materials frequently used in bridge design. The bridges whose main parts are made of steel that provide the passage of the bridge are called steel bridges. Steel bridges, which have been used since the 18th century, are nowadays highly preferred structures. The number of steel bridges is increasing day by day as they are more earthquake resistant, environmentally friendly and more economical. The main advantage of steel over other building materials used in bridge construction is its strength and ductility. It has high tensile and compressive strength compared to steel concrete. If a comparison is made as the ratio of stiffness to weight, steel has a much higher value than concrete. For this reason, it is an efficient and economical material in structural steel bridge construction. Although steel bridges with different span sizes can be built, steel bridges are a more suitable solution for large spans. It is known that dynamic loads are of great importance in bridge designs. In recent years, loss of life and property has occurred in various earthquakes in our country. This loss of life and property should be prevented. It is known that dynamic loads get important at this point. Dynamic loads affecting bridges should be determined carefully and modal analysis should be done with great care. Thus, a suitable carrier system design can be realized by obtaining more accurate information about the dynamic behavior of the bridge. Most of structures located in regions prone to earthquake hazards suffer from various types of destruction caused by seismic loads. Under such earthquake occurring, the parts (especially the columns) of building structures suffer damage. Looking on the other side, especially considering the performance of such buildings under seismic occurrence, there is a great need to strengthen the columns even without changing their building masses; this clearly shows that there is a need to investigate the connection between technical repairing or strengthening procedures and the column capacity. In this understanding, more researches are being conducted to get required performance of structures under seismic loading, by means of looking at different point of view and directions. (Tuhta et al., 2019). The finite element (FE) method is currently a common way to perform an analytical modal analysis of bridge structures. However, some problems always occur when establishing an accurate FE model of the existing structure. The problem arises not only from the errors resulting from simplified assumptions made in modeling of the complicated structures but also from parameter errors due to structural damage and uncertainties in the material and geometric properties. To improve FE predictions, the FE model must be realistically calibrated with respect to

the experimentally observed measurements so that a proper FE model can be achieved. (Wei-Xin Ren et.al.,2004). This paper concentrates on analytical modal analysis of a model steel bridge located at the Ondokuz Mayıs University Civil Engineering Laboratory. The modal characteristics of the bridge were extracted from the Analytical work involved the development and modal analysis of a three-dimensional FE model using SAP2000 finite element analysis software. Investigating the dynamic behavior of a structure can be studied theoretically by creating a finite element model. As a result of the investigations carried out, dynamic characteristics (natural frequencies, mode shapes and damping ratios) of the structure can be obtained. The finite element method was used in numerical studies to determine the dynamic characteristics of the bridge. In this study, it will be tried to evaluate the dynamic behavior of the structure in a model steel bridge by taking into account the changes in natural frequencies, period and mode shapes. For this purpose, examinations will be carried out on a model steel bridge with bolt connection element at a span of 6.10m (Figure 1) created in the Ondokuz Mayıs University at Civil Engineering laboratory.

## MATERIALS AND METHODS

### Description of Model Steel Bridge

In this study, 6.10 m span, 1.88 m height model steel bridge used. The model steel bridge is shown in Figure 1. The bridge model has a deformed arch geometry. The legs tilted inward in the direction of the long axis of the deck provided the console operation of the end sections of the deck. The legs have a 45 degree bending. The profiles along the axis of the deck are made of box profile with a thickness of 2.5cm. Circular profiles with a diameter of 2 cm are used in trusses. In the Diagonal and Cross Connection elements, 10mm and 12mm diameter steel material is used.



Figure 1. Formation of model steel bridge

### Analytical Modal Analysis of Model Steel Bridge

A finite element model was generated in SAP2000 software in Fig.2. Bridge modeled as an absolutely rigidity (rigid diaphragm). The selected bridge is modeled as a space frame bridge with 3D elements. Model steel bridge is modeled using an equivalent thickness and frame elements with isotropic property. All supports are modeled as fully fixed. The members of model steel bridge are modeled as rigidly connected together at the intersection points. The model steel bridge is modeled with finite elements (Figure 2). When modeling the model steel bridge, the modulus of elasticity was taken as  $E = 2.0 \times 10^5 \text{MPa}$ , material density  $\rho = 7.85 \text{kg / m}^3$  and poisson ratio  $\nu = 0.3$ . The three-dimensional FE Model model steel bridge in SAP2000 is presented in Figure 3.

A total of 40 joints and 71 bar elements (straight diagonal-beam) were used in the model. A total of five natural frequencies of the model steel bridges are attained which range between 5 and 25 Hz. The first five vibration mode of the model steel bridge is shown in Fig.4. Analytical modal analysis results at the finite element model are shown in Table 1. As a result of the modal analysis, the first 5 modes were taken into account in both cases. SAP2000 package program was used to obtain the analysis data.

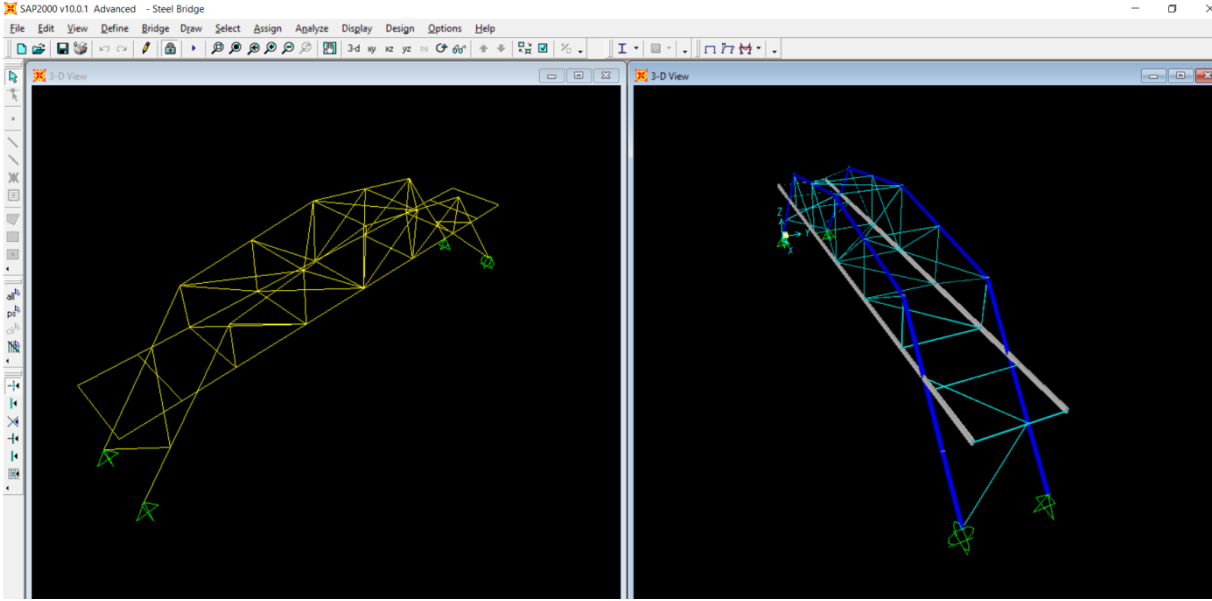


Figure 2. Three-Dimensional FE model of model steel bridge at SAP2000

RESULTS and DISCUSSION

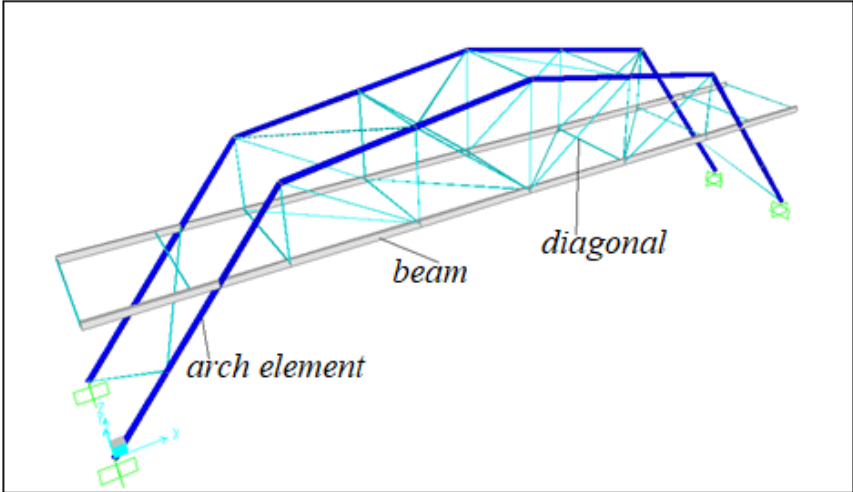
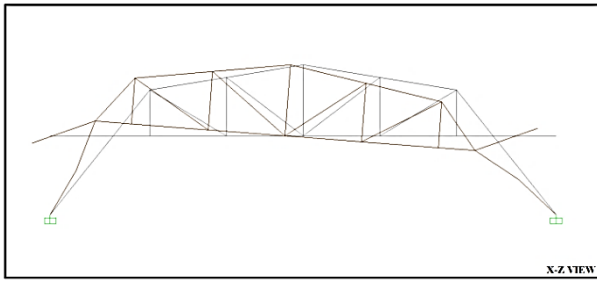
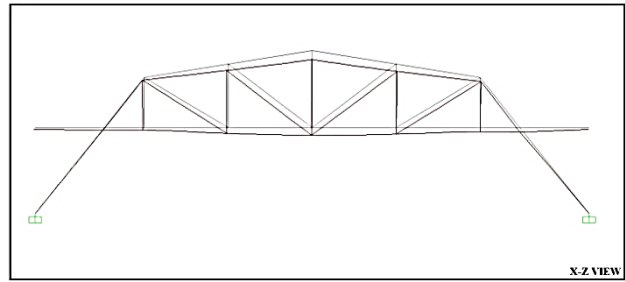


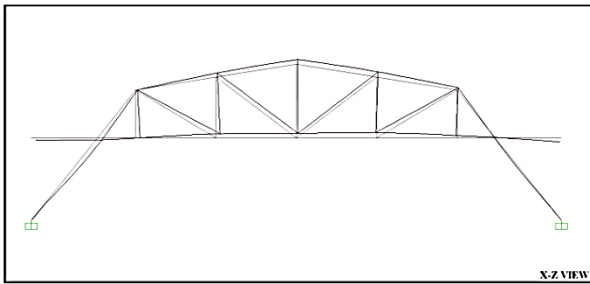
Figure 3. Finite element model of model steel bridge



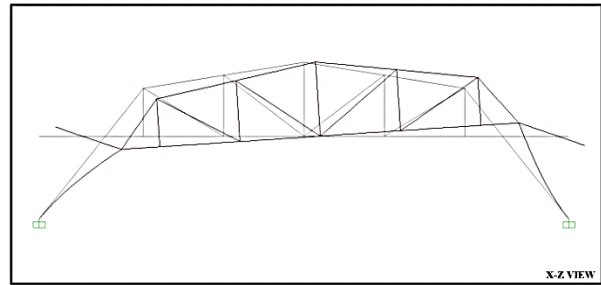
1<sup>st</sup> Mode Shape ( $f=5.743$  Hz)



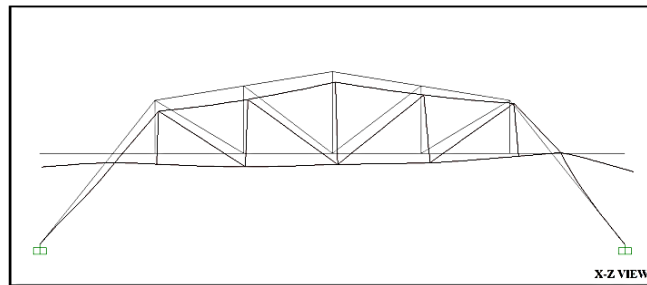
2<sup>nd</sup> Mode Shape ( $f=11.539$ Hz)



3<sup>rd</sup> Mode Shape ( $f=17.180$  Hz)



4<sup>th</sup> Mode Shape ( $f=21.097$  Hz)



5<sup>th</sup> Mode Shape ( $f=25.799$  Hz)

**Figure 4.** Analytically identified mode shapes of model steel bridge

### Model Steel Bridge Dynamic Parameters

Table 1. Frequency-Periods of Model Steel Bridge

Mode	1	2	3	4	5
Frequency (Hz)	5.743	11.539	17.180	21.097	25.799
Period (sn)	0.174	0.086	0.058	0.047	0.038



## CONCLUSION

As a result of the Analytical Analysis, the following results have been reached;

Modal analysis of model steel bridge in the laboratory environment is performed and results are revealed. Finite element method is used as a method for modal analysis. As a result of the analysis, the first 5 mode shapes and period values of the model steelbridge were obtained. The dominant period of the model steel bridge was determined as 0.174 seconds. This study is an example of obtaining period and mode shapes by modeling an existing bridge with the finite element method and modal analysis.

A total of 5 natural frequencies ranging from 5 to 25 Hz were obtained analytically from the finite element model of the model steel bridge.

From the finite element model of the model steel bridge, analytically, a total of 5 periods ranging from 0.174sec to 0.038 sec have been obtained. Displacement and torsion are observed in the mode shapes in the model steel bridge.

In mode 1, the frequency was measured as 5.743 Hz. This frequency is the dominant frequency of the model steel bridge.

In mode 2, the frequency was measured as 11.539 Hz.

In mode 3, the frequency was measured as 17.180 Hz.

In mode 4, the frequency was measured as 21.097 Hz.

In mode 5, the frequency was measured as 25.799 Hz.

In mode 1, the period was evaluated as 0.174 Sec. This period is the dominant period of the model steel bridge.

In mode 2, the period was evaluated as 0.086 Sec.

In mode 3, the period was evaluated as 0.058 Sec.

In mode 4, the period was evaluated as 0.047 Sec.

In mode 5, the period was evaluated as 0.038 Sec.

The dominant frequency of the structure is 5.743 Hz. Also the dominant period of the model steel bridge is 0.174 sec.

Translation in X, Z direction in mode 1

Translation in Y direction in mode 2

Torsion around Y axis in mode 3

In mode 4, torsion in X, Y direction,

In mode 5, the modes of torsion around the Y axis and translation in the Z direction are seen.

Considering the mode shapes and the dominant period value of the model steel bridge, it is clearly concluded that dynamic loads are of great importance in bridge designs where this design against dynamic effects is successful.

## REFERENCES

- A. A. Kasimzade and S. Tuhta, Stochastic parametric system identification approach for validation of finite element models: industrial Applications, TWMS Jour. Pure Appl. Math., V.3, N.1, 2012, pp.41-61.
- Tuhta.S., Gunday F., Aydin H., Dynamic Analysis of Model Steel Structures Retrofitted with GFRP Composites under Microtremor Vibration International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)Volume: 3 | Issue: 2 | Jan-Feb 2019
- Tuhta.S., Alameri İ., Gunday F., Numerical Algorithms N4SID For System Identification Of Buildings, International Journal of Advanced Research in ISSN: 2349-2819 Engineering Technology & Science, Volume-6, Issue-1 January- 2019
- Tuhta.S., "OMA of model chimney using Bench Scale earthquake simulator," Earthquakes and Structures, vol. 16, no. 3, pp. 321–327, Mar. 2019.

- G.F. Sirca Jr., H. Adeli, System identification in structural engineering, *Scientia Iranica A* (2012) 19 (6), 1355–1364.
- A.Kasımzade *Et Al.*, “A Comparative Study On Effectiveness Of Using Horasan Mortar As A Pure Friction Sliding Interface Material,” *European Journal Of Engineering Research And Science*, Pp. 0–0, Feb. 2019.
- S.Tuhta, I. Alameri, & F. Günday, “Numerical Algorithms N4SID for System Identification of Buildings,” *International Journal of Advanced Research in Engineering Technology Science*, Vol. 1, No. 6, Pp. 0–0, Jan. 2019.
- J.Kim, System Identification of Civil Engineering Structures through Wireless Structural Monitoring and Subspace System Identification Methods, PhD thesis, University of Michigan, 2011.
- P.V. Overschee & B. D. Moor, Subspace identification for linear systems theory-implementation – applications, Kluwer academic publishers Boston, London, Dordrecht, 1996.
- Kasımzade, A.A. & Tuhta S., (2016). "Application of OMA on the Bench-Scale Earthquake Simulator Using Micro Tremor Data", *Structural Engineering and Mechanics*, Vol. 61, No. 2 (2017) 267-274 DOI: <https://doi.org/10.12989/sem.2017.61.2.267>
- Kasımzade A., Tuhta S., Aydın H., & Günday F.- Investigation of Modal Parameters on Model steel Bridge Using EFDD Method, 11/2019, *Techno-Science*, 2<sup>nd</sup> International Conference on Technology and Science, Burdur
- Kasımzade, A.A. and Tuhta, S. (2012), “Analytical, numerical and experimental examination of reinforced composites beams covered with carbon fiber reinforced plastic”, *Journal of Theoretical and Applied Mechanics*, 42(1), 55-70. <https://doi.org/10.2478/v10254-012-0004-1>
- Kasımzade A., Tuhta S., Günday F., & Aydın H. -Investigation of Modal Parameters on Steel Structure Using FDD from Ambient Vibration, 10 / 2019 , 8<sup>th</sup> International Steel Structures Symposium, Konya
- Tuhta S., Gunday F., & Aydın H., (2019),” Dynamic Analysis of Model Steel Structures Retrofitted With GFRP Composites under Microtremor Vibration”, *International Journal Of Trend In Scientific Research And Development (IJTSRD)*-Volume: 3-Issue: 2 | Jan-Feb 2019 Available Online: [Www.ijtsrd.com](http://www.ijtsrd.com) E-ISSN: 2456 – 6470
- Tuhta S., Gunday F., & Aydın H.- Numerical Algorithms for System Identification of Benchmark Steel Bridge ,7 /2019, *ISTE-CE'2019- International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering*
- Aydın H. (2020) Obtaining Modal Parameters in Model steel Bridge by System Identification Using Artificial Neural Networks, *International Journal of Trend in Scientific Research and Development(IJTSRD)*, Volume 4 Issue 2, February 2020 Available Online: [www.ijtsrd.com](http://www.ijtsrd.com) e-ISSN:2456-6470
- Tuhta, S., & Günday, F. (2019). Multi Input Multi Output System Identification of Concrete Pavement Using N4SID. *International Journal of Interdisciplinary Innovative Research Development*, 4(1).
- Tuhta, S., Günday, F., Aydın, H., & Alalou, M. (2019). MIMO System Identification of Machine Foundation Using N4SID. *International Journal of Interdisciplinary Innovative Research Development*
- Tuhta, S., & Günday, F. (2019). MIMO System Identification of Industrial Building Using N4sid with Ambient Vibration. *International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology*.
- Tuhta, S., & Günday, F. (2019). Application of OMA on The Bench scale Aluminum Bridge Using Micro Tremor Data. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 5(5), 912–923.
- Tuhta, S., Günday, F., & Aydın, H. (2019). Numerical Algorithms for System Identification of Benchmark Steel Structure. Presented at the *iSTE-CE'xx2019- International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering*.
- Kasımzade, A., Tuhta, S., Aydın, H., & Günday, F. (2019). Determination of Modal Parameters on Model steel Bridge Using Operational Modal Analysis. Presented at the 8th International Steel Structures Symposium, Konya.
- Tuhta S., Aydın H., & Gunday F., Updating For Structural Parameter Identification of the Model Steel Bridge Using OMA, *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS)* Volume IX, Issue III, March 2020 | ISSN 2278-2540
- Tuhta S., Gunday F. & Aydın H., Update of Structural Parameters on the Bench-Scale Aluminum Bridge Model Using Ambient Vibration, *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS)* Volume IX, Issue IV, April 2020 | ISSN 2278-2540
- Günday, F., Dushimimana, A., & Tuhta, S. (2018). Analytical and Experimental Modal Analysis of a Model Steel Structure Using Blast Excitation. Presented at the *International Conference on Innovative Engineering Applications*.

- S. Tuhta, I. Alameri, & F. Günday, “Numerical Algorithms N4SID for System Identification of Buildings,” *International Journal of Advanced Research in Engineering Technology Science*, Vol. 1, No. 6, Pp. 0–0, Jan. 2019.
- Wei-Xin Ren; Tong Zhao; and Issam E. Harik, M.ASCE (2004) Experimental and Analytical Modal Analysis of Steel Arch Bridge, *Journal of Structural Engineering* Volume 130 Issue 7 - July 2004
- SAP2000 (2010), *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.

## Modal analysis of steel test structure reinforced with cable elements by finite element method

Sertaç Tuhta<sup>1</sup>, (<https://orcid.org/0000-0003-2671-6894>), Furkan Günday<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2979-9373>), Hakan Aydın<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1886-5497>), Mohammad ALALOU<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9015-2213>)

<sup>1</sup>Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Samsun, Turkey.

<sup>1\*</sup>Corresponding author e-mail: aydnhakan@gmail.com

### Abstract

Dynamic loads are known to be of great importance in building designs. In recent years, loss of life and property has occurred in our country in various earthquakes. This loss of life and property must be prevented. Dynamic loads are known to come into play right at this point. Dynamic loads affecting the structure should be carefully determined and modal analysis should be done with great care. Thus, a more accurate carrier system design can be realized by obtaining more accurate information about the dynamic behavior of the building. For this reason, modal analysis of steel test structure reinforced with cable elements in the laboratory environment is performed and results are revealed. Finite element method is used as a method for modal analysis. As a result of the analysis, the first 5 mode shapes and period values of the building were obtained. The dominant period of the steel test structure reinforced with cable elements was determined as 0.287 seconds. This study is an example of obtaining period and mode shapes by modeling an existing structure with the finite element method and modal analysis. Thus, loss of life and property can be prevented.

**Keywords:** Modal analysis, Finite element method, Steel structures, period, earthquake

### INTRODUCTION

Dynamic loads are of great importance in structure designs. In recent years, loss of life and property has occurred in various earthquakes in our country. The dynamic loads affecting the structures should be carefully determined and the modal analysis should be done with great care. Thus, a suitable structural system design can be realized by obtaining more accurate information about the dynamic behavior of the structure. Most of structures located in regions prone to earthquake hazards suffer from various types of destruction caused by seismic loads. Under such earthquake occurring, the parts (especially the columns) of building structures suffer damage. Looking on the other side, especially considering the performance of such buildings under seismic occurrence, there is a great need to strengthen the columns even without changing their building masses; this clearly shows that there is a need to investigate the connection between technical repairing or strengthening procedures and the column capacity. In this understanding, more researches are being conducted to get required performance of structures under seismic loading, by means of looking at different point of view and directions. (Tuhta et al., 2019). The fact that the steel structure has less variables than reinforced concrete structures, in other words, the homogeneous and the profiles are produced in the factories in a more controlled and reliable way, due to all these reasons, the earthquake performance is superior to reinforced concrete structures for that reason to build a steel structure of application is increasing in our country and in the world. Theoretically, investigating the dynamic behavior of any structure can be examined by creating a finite element model. As a result of the examinations carried out, dynamic characteristics (natural frequencies, period and mode shapes) of the structure can be obtained. This paper concentrates on analytical modal analysis of a steel test structure that reinforced with cable elements located at the Ondokuz Mayıs University Civil Engineering Laboratory. The modal characteristics of the steel structure were extracted from the Analytical work involved the development and modal analysis of a three-dimensional FE model using SAP2000 finite element analysis software. In this study, it is aimed to examine the effect of strengthening with cable elements in the steel test structure conducted under laboratory conditions on the dynamic parameters (frequency, period and mode shapes) of this reinforcement in steel structure. The most important reason for using cable elements in this study is not to increase the mass of the structure too much. The cable elements are known to be advantageous in terms of being lightweight, being able to give pre-stress when desired, ease of application and being an economical method. In this study, it will be tried to evaluate the dynamic behavior of the structure in a test steel structure by taking into account the changes in natural frequencies, period and mode shapes. For this purpose, examinations will be carried out of a steel test structure that reinforced with cable elements in Figure 1.

## MATERIALS AND METHODS

In this study, the four-story, two-span steel test structure in both directions, within the framework of the MF-046 Scientific Research Project, is located in the civil engineering experiment laboratory. In the building dimensions, each building height 1.15 m transverse clearance is 2.5 m and the longitudinal opening is 1.5 m. A new model was created by reinforcing the existing cable structure. The cables used in strengthening are steel ropes. Cables with a diameter of 14 mm are used. The tension elements are 16 mm. The purpose of this reinforcement is to make the structure safer at less cost. In short, it is aimed to create a safer model against dynamic effects. Figure 1 shows the reinforced model. Column sections of the steel test structure were dimensioned as IPG200, beam sections I80, basic beam sections IPG260 and floor cross members as box section 70 x 50 x 3.2 m.



**Figure 1.** Formation of steel test structure reinforced with cable element

Analytical modal analysis of steel test structure :

A finite element model analysis result was generated in SAP2000 software in Fig.2. Steel test structure is modeled as a space frame structure with 3D elements. The three-dimensional FE Model steel structure in SAP2000 is presented in Figure 3. A total of five natural frequencies of the model steel structure is attained which range between 3.49 and 4.28 Hz. The first five mode shapes of the steel test structure is shown in Fig.4. Analytical modal analysis results at the finite element model are shown in Table 1. As a result of the modal analysis, the first 5 modes were taken into account in both cases. SAP2000 package program was used to obtain the analysis data.

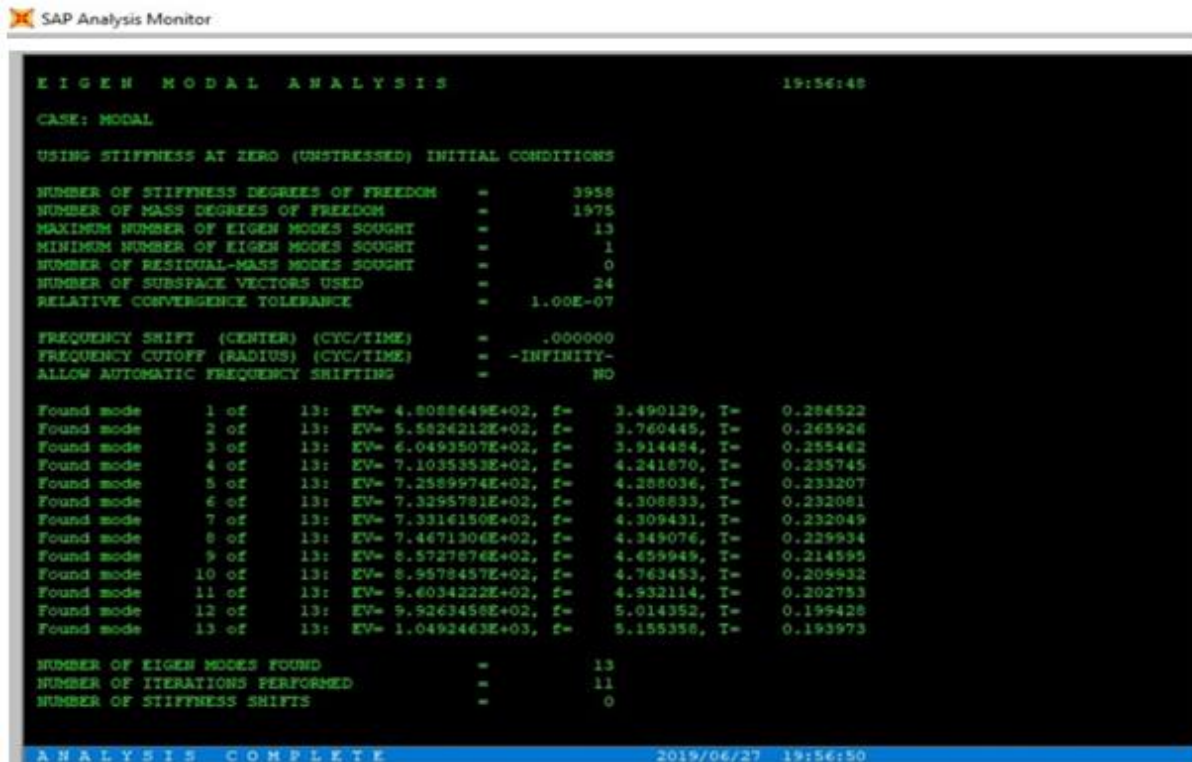


Figure 2. SAP2000 Analysis Results of The Steel Test Structure

## RESULTS and DISCUSSION

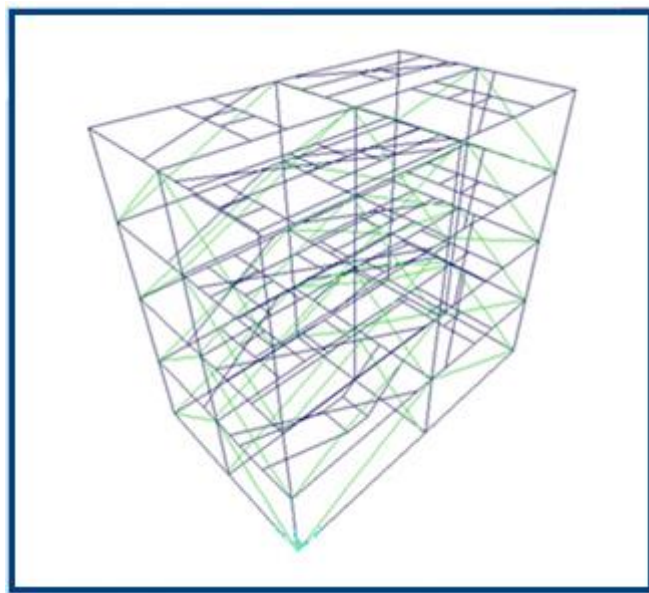
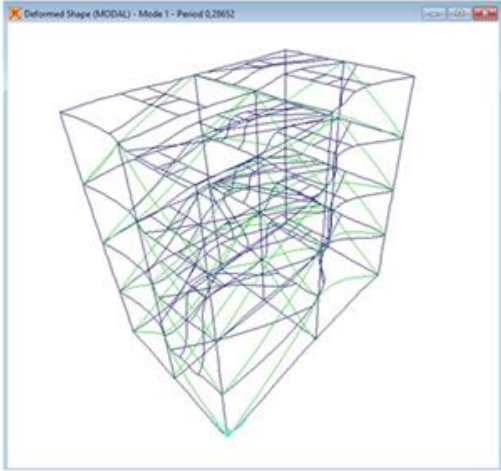
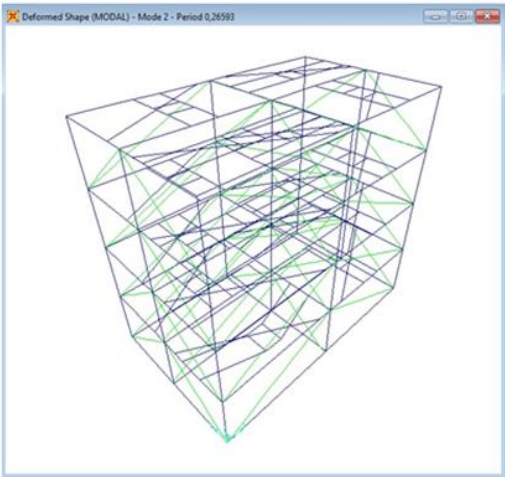


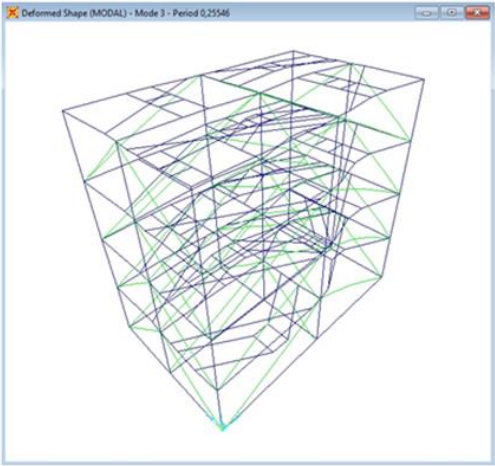
Figure 3. Finite Element Model of Steel Test Structure



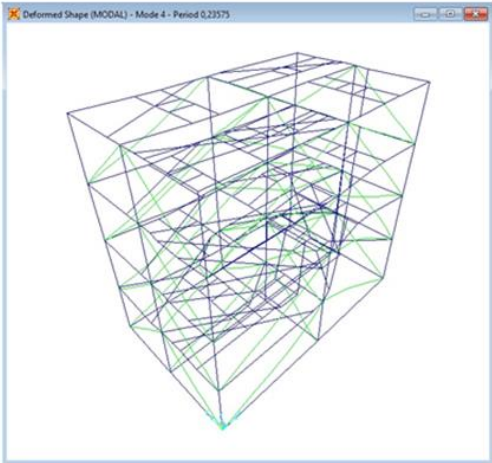
1<sup>st</sup> Mode Shape ( $f=3.490$  Hz,  $T=0.287$  s)



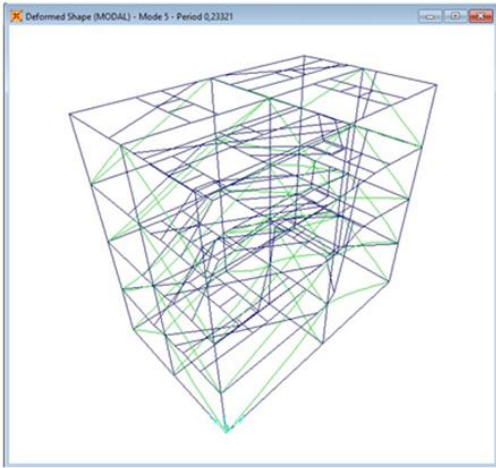
2<sup>nd</sup> Mode Shape ( $f=3.761$  Hz,  $T=0.266$ s)



3<sup>rd</sup> Mode Shape ( $f=3.915$  Hz,  $T=0.255$ )



4<sup>th</sup> Mode Shape ( $f=4.242$  Hz,  $T=0.236$  s)



5<sup>th</sup> Mode Shape ( $f=4.288$  Hz,  $T=0.233$  s)

**Figure 4.** Analytically Identified Mode Shapes of Steel Test Structure

Steel Test Structure Dynamic Parameters

**Table1.** Frequency-Periods of Steel Test Structure

Mode	1	2	3	4	5
Frequency [Hz]	3.490	3.761	3.915	4.242	4.288
Period [s]	0.287	0.266	0.255	0.236	0.233

**CONCLUSION**

As a result of the Analytical Analysis, the following results have been reached;

Modal analysis of steel test structure in the laboratory environment is performed and results are revealed. Finite element method is used as a method for modal analysis. As a result of the analysis, the first 5 mode shapes and period values of the structure was obtained. The dominant period steel test structure was determined as 0.287 seconds. This study is an example of obtaining period and mode shapes by modeling an steel test structure with the finite element method and modal analysis.

A total of 5 natural frequencies ranging from 0.287 to 0.233 Hz were obtained analytically from the finite element model of the steel test structure.

From the finite element model of the steel test structure, analytically, a total of 5 periods ranging from 0.287sec to 0.233 sec have been obtained. Displacement and torsion are observed in the mode shapes in the steel test structure .

In mode 1, the frequency was measured as 3.490 Hz. This frequency is the dominant frequency of the structure.

In mode 2, the frequency was measured as 3.761 Hz.

In mode 3, the frequency was measured as 3.915 Hz.

In mode 4, the frequency was measured as 4.242 Hz.

In mode 5, the frequency was measured as 4.288 Hz.

In mode 1, the period was evaluated as 0.287 Sec. This period is the dominant period of the structure.

In mode 2, the period was evaluated as 0.266 Sec.

In mode 3, the period was evaluated as 0.255 Sec.

In mode 4, the period was evaluated as 0.236 Sec.

In mode 5, the period was evaluated as 0.233 Sec.

The dominant frequency of the structure is 3,490 Hz. Also the dominant period of the structure is 0.287 sec.

When modes are examined, it is clearly seen that mode 1 is translational in Y direction, mode 2 is translational in X direction and mode 3 is torsion. Mode 4 translational in Y direction and Mode 5 translational in X direction.

Considering the mode shapes and the dominant period value of the steel test structure, it is clearly concluded that dynamic loads are of great importance in steel structure designs where this design against dynamic effects is successful.



## ACKNOWLEDGEMENTS

In this study, the four-storey, two-span steel test structure constructed in the scope of MF-046 Scientific Research Project is located in the Civil Engineering Test Laboratory at Samsun Ondokuz Mayıs University.

## REFERENCES

- A. A. Kasimzade and S. Tuhta, Stochastic parametric system identification approach for validation of finite element models: industrial Applications, TWMS Jour. Pure Appl. Math., V.3, N.1, 2012, pp.41-61.
- Tuhta.S., Gunday F., Aydın H., Dynamic Analysis of Model Steel Structures Retrofitted with GFRP Composites under Microtremor Vibration International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)Volume: 3 | Issue: 2 | Jan-Feb 2019
- Tuhta.S., Alameri İ., Gunday F., Numerical Algorithms N4SID For System Identification Of Buildings, International Journal of Advanced Research in ISSN: 2349-2819 Engineering Technology & Science, Volume-6, Issue-1 January- 2019
- Tuhta.S., “OMA of model chimney using Bench Scale earthquake simulator,” Earthquakes and Structures, vol. 16, no. 3, pp. 321–327, Mar. 2019.
- G.F. Sirca Jr., H. Adeli, System identification in structural engineering, Scientia Iranica A (2012) 19 (6), 1355–1364.
- A.Kasimzade *Et Al.*, “A Comparative Study On Effectiveness Of Using Horasan Mortar As A Pure Friction Sliding Interface Material,” *European Journal Of Engineering Research And Science*, Pp. 0–0, Feb. 2019.
- S.Tuhta, I. Alameri, & F. Günday, “Numerical Algorithms N4SID for System Identification of Buildings,” International Journal of Advanced Research in Engineering Technology Science, Vol. 1, No. 6, Pp. 0–0, Jan. 2019.
- J.Kim, System Identification of Civil Engineering Structures through Wireless Structural Monitoring and Subspace System Identification Methods, PhD thesis, University of Michigan, 2011.
- P.V. Overschee & B. D. Moor, Subspace identification for linear systems theory-implementation – applications, Kluwer academic publishers Boston, London, Dordrecht, 1996.
- Kasimzade, A.A. & Tuhta S., (2016)."Application of OMA on the Bench-Scale Earthquake Simulator Using Micro Tremor Data", Structural Engineering and Mechanics, Vol. 61, No. 2 (2017) 267-274 DOI: <https://doi.org/10.12989/sem.2017.61.2.267>
- Kasimzade A., Tuhta S., Aydın H., & Günday F.- Investigation of Modal Parameters on Model steel Bridge Using EFDD Method,11/2019,Techno-Science, 2<sup>nd</sup> International Conference on Technology and Science, Burdur
- Kasimzade, A.A. and Tuhta, S. (2012), “Analytical, numerical and experimental examination of reinforced composites beams covered with carbon fiber reinforced plastic”, Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 42(1), 55-70. <https://doi.org/10.2478/v10254-012-0004-1>
- Kasimzade A., Tuhta S., Günday F.,& Aydın H. -Investigation of Modal Parameters on Steel Structure Using FDD from Ambient Vibration, 10 / 2019 , 8<sup>th</sup> International Steel Structures Symposium, Konya
- Tuhta S., Gunday F., & Aydın H., (2019),” Dynamic Analysis of Model Steel Structures Retrofitted With GFRP Composites under Microtremor Vibration”, International Journal Of Trend In Scientific Research And Development (IJTSRD)-Volume: 3-Issue: 2 | Jan-Feb 2019 Available Online: Www.ijtsrd.Com E-ISSN: 2456 – 6470
- Tuhta S., Gunday F., & Aydın H.- Numerical Algorithms for System Identification of Benchmark Steel Bridge ,7 /2019, ISTE-CE'2019- International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering
- Aydın H. (2020) Obtaining Modal Parameters in Model steel Bridge by System Identification Using Artificial Neural Networks, International Journal of Trend in Scientific Research and Development(IJTSRD),Volume 4 Issue 2,February 2020 Available Online:www.ijtsrd.com e-ISSN:2456-6470
- Tuhta, S., & Günday, F. (2019). Multi Input Multi Output System Identification of Concrete Pavement Using N4SID. Internat ional Journal of Interdisciplinary Innovative Research Develop ment, 4(1).
- Tuhta, S., Günday, F., Aydın, H., & Alalou, M. (2019). MIMO System Identification of MachineFoundation Using N4SID. International Journal of Interdisciplinary Innovative Research Dev elopment
- Tuhta, S., & Günday, F. (2019). Mimo System İdentification of İndustrial Building Using N4sid with Ambient Vibration. Inter national Journal of Innovations in Engineering Research and Technology.

- Tuhta, S., & Günday, F. (2019). Application of Oma on The Bench scale Aluminum Bridge Using Micro Tremor Data. *International Journal of Advance Research and Innovative Ideas in Education*, 5(5), 912–923.
- Tuhta, S., Günday, F., & Aydin, H. (2019). Numerical Algorithms for System Identification of Benchmark Steel Structure. Presented at the iSTE-CE'xx2019- International Conference on Innovation, Sustainability, Technology and Education in Civil Engineering.
- Kasimzade, A., Tuhta, S., Aydin, H., & Günday, F. (2019). Determination of Modal Parameters on Model steel Bridge Using Operational Modal Analysis. Presented at the 8th International Steel Structures Symposium, Konya.
- Tuhta S., Aydın H., & Gunday F., Updating For Structural Parameter Identification of the Model Steel Bridge Using OMA, *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS) Volume IX, Issue III, March 2020 | ISSN 2278-2540*
- Tuhta S., Gunday F. & Aydın H., Update of Structural Parameters on the Bench-Scale Aluminum Bridge Model Using Ambient Vibration, *International Journal of Latest Technology in Engineering, Management & Applied Science (IJLTEMAS) Volume IX, Issue IV, April 2020 | ISSN 2278-2540*
- Günday, F., Dushimimana, A., & Tuhta, S. (2018). Analytical and Experimental Modal Analysis of a Model Steel Structure Using Blast Excitation. Presented at the International Conference on Innovative Engineering Applications.
- S. Tuhta, I. Alameri, & F. Günday, “Numerical Algorithms N4SID for System Identification of Buildings,” *International Journal of Advanced Research in Engineering Technology Science*, Vol. 1, No. 6, Pp. 0–0, Jan. 2019.
- Wei-Xin Ren; Tong Zhao; and Issam E. Harik, M.ASCE (2004) Experimental and Analytical Modal Analysis of Steel Arch Bridge, *Journal of Structural Engineering* Volume 130 Issue 7 - July 2004
- SAP2000 (2010), *Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures*, Computers and Structures Inc., Berkeley, California, USA.

## Purolite S108 yüklü karma matris PVA membran ile atıksulardan borun gideriminde yenilikçi proses: Pervaporasyon

Rümeysa Yavuz (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9187-906X>),  
Derya Ünlü\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5240-5876>)

Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Bursa,  
Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: derya.unlu@btu.edu.tr

### Özet

Bor, Türkiye'deki içme ve sulama sularını kirleten yarı metal elementlerden biridir. Bu nedenle sudan borun uzaklaştırılmasının sağlanması insan sağlığı ve sağlıklı tarım ürünleri açısından oldukça önemlidir. Bu bağlamda çevreye ikincil bir zarar verilmeden, etkin ve yüksek verimle bor gideriminin yapılması gerekmektedir. Membran ile arıtma, atıksulardan bor giderimi için uygulanan temel yöntemlerden biridir. Bu çalışmada da membran destekli ayırma prosesi olan pervaporasyon kullanılarak atıksulardaki borun giderimi amaçlanmıştır. Pervaporasyon prosesinde kullanılmak üzere Purolite S108 reçine, PVA membrana yüklenerek karma matris membran hazırlanmıştır. Purolite S108 reçine, atıksudaki borun emilimini sağlarken, PVA ise sadece suyun difüzyonuna izin vererek ayırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Purolite S108 yükleme miktarının ayırma performansına etkisi incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda Purolite S108 reçinesi ile oluşturulan karma matris membranların atık sudan borun giderilmesinde kullanılabilceği kanıtlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Bor, Membran, Pervaporasyon, Purolite S108, PVA

### Innovative process for removing boron from wastewater with Purolite S108 loaded mixed matrix PVA membrane:Pervaporation

#### Abstract

Boron is one of the metal elements which contaminated the drinking and irrigation water in Turkey. For this reason, the removal of boron from water is very important in terms of human health and healthy agricultural products. In this regard, it is necessary to remove boron effectively with high efficiency without causing any secondary damage to the environment. Membrane treatment is one of the basic methods for removal of boron from wastewater. In this study, it is aimed to remove the boron from the wastewater by using membrane aided separation process "pervaporation". Purolite S108 resin was loaded into the PVA membrane and a mixed matrix membrane was prepared for using in pervaporation process. Purolite S108 resin sorbed to the boron in the wastewater, while PVA allowed the diffusion of water, and separation had been performed. The effect of Purolite S108 loading amount on separation performance was investigated. As a result of experimental studies, it has been proved that mixed matrix membranes formed with Purolite S108 resin can be used in the removal of boron from wastewater.

**Keywords:**Boron, Membrane, Pervaporation, Purolite S108,PVA

### GİRİŞ

Bilinen en eski elementlerden biri olma özelliğine sahip değerli bir yarı metal olan bor madeni beyaz bir kaya görünümündedir. Çok sert ve ısıya dayanıklı olan bor, diğer elementlere olan yüksek kimyasal ilgisinden dolayı doğada serbest bir element olarak değil, yer altı ve yer üstü doğal kaynaklarda Ca, Na ve Mg'un tuzları olarak bulunur.

Tabiatta yaklaşık 230 çeşit bor minerali vardır. Bor madeni yatakları toplam 3,3 milyar ton rezerv miktarıyla Türkiye'nin kurak, volkanik ve hidrotermal aktivitesi olan bölgelerinde; borun oksijen ile bağlanmış bileşikleri olarak bulunmaktadır. Yaygın olarak kullanılan ve Türkiye'de üretilen önemli bor bileşikleri boraks ve borik asittir.

Bor ve bileşiklerinin endüstride kullanım alanları çok geniş kapsamlıdır(Adair, 2007). Üretilen bor minerallerinin %10 kadarı doğrudan mineral olarak kullanılırken kalan kısmıyla da bor ürünleri elde edilir.

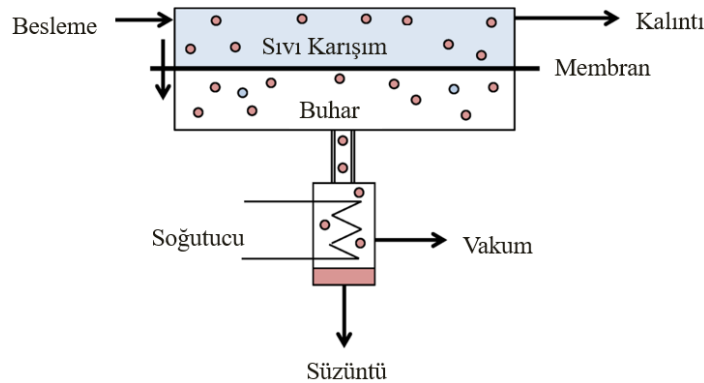
Bor elementinin birçok elementle kolay bir şekilde bileşik oluşturabilmesinden dolayı bordan çeşitli özellikteki maddeler elde edilebilmektedir. Cam ve seramik sanayi, tekstil, temizlik, çimento, kozmetik, gübre, naylon, uçak ve havacılık gibi birçok endüstride kullanım alanı bulan bor bileşikleri, borun çelikten daha sağlam ve tüm cam çeşitlerinden daha şeffaf olması avantajıyla uzay mekiklerinin camlarında ana madde olarak kullanılmaktadır. Borun; hafifliği, gerilmeye olan direnci ve kimyasal etkilere dayanıklılığı gibi özellikleri sebebiyle endüstri elyafı üretiminde, lastik ve kağıt sanayiinde, tarımda, nükleer enerji santrallerinde, füze yakıtlarında da kullanımı sıklıkla görülmektedir. Camın ısıyla genişmesini büyük ölçüde indirgemesi, camı aside ve çizilmeye karşı koruması, titreşim, yüksek ısı ve ısı şoklarına karşı dayanıklılığı gibi özellikleriyle borun ısıya dayanıklı cam gereçleri ve elektronik ve uzay araştırmalarında kullanılacak üstün özellikteki camların üretiminde önemli yeri vardır.(Demirçivi,2008).

Endüstriyel gelişmelerle birlikte yüzeysel sularda konsantrasyon artışı göstermektedir. Su ortamında çoğunlukla borik asit ve kısmen borat tuzları formunda bulunan bor dünyada birçok endüstrinin atıksularında sınır değerlerin üstünde bulunmaktadır (Başkan ve Atalay, 2014).

Borun Türkiye’de içme ve sulama sularını kirleten yarı metal elementlerin başında olması, suların bor gideriminin sağlanması insan sağlığı ve de sağlıklı tarım ürünü yetiştirilebilmesi yönünden oldukça önemlidir. Bu bağlamda çevreye ikincil bir zarar verilmeden, etkin ve yüksek verimle bor gideriminin yapılması gerekmektedir. Bor bileşikleri antiseptik olduğundan, konvansiyonel biyolojik arıtma prosesleri atıksudan bor giderimi için kullanılmamaktadır (Yılmaz vd., 2012). Atıksulardan bor giderimi için kullanılan yöntemlerin bazıları adsorpsiyon (Yılmaz vd., 2012), iyon değiştirme (Darwish ve Hilal, 2015), elektrokoagülasyon (Garcia vd., 2017) ve membran ile ayırma yöntemleridir. Borun çeşitli suların gideriminde membran ile ayırma yöntemlerine örnek olarak literatürde ters osmoz (Boubakri vd., 2015) ve elektrodializ (Yazıcıgil ve Öztekin, 2006) çalışmaları bulunmaktadır. Membran ile ayırmanın bir örneği olan pervaporasyon, ekonomik, enerji ve çevre dostu olması dolayısıyla oldukça avantajlı ve yenilikçi bir prosesdir. Literatürde atıksudan borun gideriminde pervaporasyon yöntemi kullanılmamıştır.

Pervaporasyon (PV); geleneksel ayırma yöntemleri ile kıyaslandığında yüksek sıcaklık ve basınç gerektirmeyen bir ayırma prosesidir. Membran yardımıyla organik veya sulu bileşenleri yüksek ayırma verimi ve yüksek seçicilikle ayırır. Düşük çalışma sıcaklığı, düşük enerji tüketimi ve fiziksel ayırma mekanizmasına sahip bir membran prosesi olan pervaporasyonda gözeneksiz membranlar kullanıldığı için gözenek tıkanma sorunu da yoktur. İlave kimyasal gerektirmez. Bu nedenle gelecek vaad eden, ekonomik, çevre dostu bir proses olarak kabul edilmektedir (Ünlü vd., 2016).

Pervaporasyon tekniğinde, sıvı karışımındaki bileşenlerden birine seçici ve geçirgen özellikte yoğun homojen bir membran bulunmaktadır. Besleme sıvı karışımı membranın üst yüzeyi ile doğrudan temas halinde bulunmaktadır. Sıvı çözeltideki bileşenlerden biri membran yüzeyinde çözünerek sorplanır. Membran boyunca difüze olarak basınç farkından dolayı membranın alt akımından buhar fazında ayrılmaktadır. Geçen buhar akımı yoğunlaştırılarak sıvı fazda elde edilir. Pervaporasyon prosesinin şematik gösterimi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Pervaporasyon prosesinin şematik gösterimi

Pervaporasyon işleminde itici güç konsantrasyon gradientidir. Genellikle taşımada itici güç, sıvı besleme ile buhar ürün arasında kısmi basınç farkını oluşturmakla gerçekleştirilir. Kısmi basınç farkı da, membran çıkışına vakum uygulanmasıyla sağlanır (Ünlü, 2019).

Bu çalışmada sudan bor gideriminde pervaporasyon prosesi kullanılmıştır. Hidrofilik özellikteki PVA polimeri ve bor tutan Purolite S108 reçinesi kullanılarak karma matris membran sentezlenmiştir. Membrana ilave edilen Purolite S108 reçine miktarının ayırma performansına etkisi incelenmiştir.

## **MATERYAL VE METOD**

### **Materyal**

Bu çalışmada bor tutma özelliğine sahip Purolite S108 reçinesi Purolite Ltd. tarafından sağlanmıştır. PVA polimeri Sigma-Aldrich tarafından temin edilmiştir. Membranların çapraz bağlama işleminde kullanılan kimyasallar olan aseton ( $C_3H_6O$ ), hidroklorik asit (HCl) ve glutaraldehit ( $C_5H_8O_2$ ) Sigma-Aldrich tarafından temin edilmiştir.

### **Metod**

#### ***Reçine Yüklü Karma Matris Membranların Hazırlanması***

Ağırlıkça %5 polivinil alkol (PVA) deiyonize suda 4 saat boyunca  $90^{\circ}C$ 'de çözülerek PVA çözeltisi elde edilir. Elde edilen PVA çözeltisine PVA ağırlığının %1, %3 ve %4 oranlarında öğütülmüş Purolite S108 reçinesi eklenip 30 dakika karıştırılmıştır. Elde edilen membran çözeltisi cam plaka üzerine dökülerek oda sıcaklığında kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra hazırlanan reçine yüklü karma matris membrana çapraz bağlama işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde membran glutaraldehit, HCl, aseton ve saf su içeren karışıma daldırılır ve 3 saat bekletilir. Membranlar saf su ile yıkanarak çözüldükten arındırılır ve filtre kağıdıyla kurutularak işleme hazır hale getirilir.

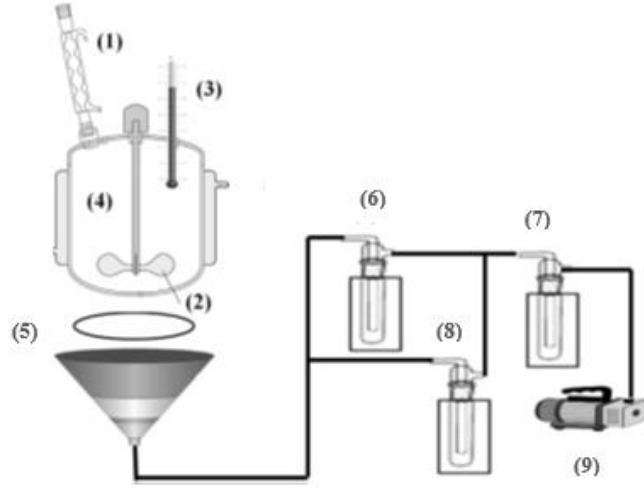
#### ***Membranların Sorpsiyon Testleri***

Hazırlanan PVA membranının saf su içerisindeki şişme derecelerini belirlemek için sorpsiyon testleri yapılmıştır. Oda sıcaklığında ilk ağırlıkları belirlenen membranlar, sorpsiyon dengesine ulaşmaya kadar saf su içinde bekletilmiştir. Belirli aralıklarla saf sudan alınan membranlar tartılarak, ağırlığındaki değişim ölçülmüş, her bir membranın sorpsiyon dereceleri belirlenmiştir.

#### ***Pervaporasyon ile Ayırma Deneyleri***

Atıksudan boru uzaklaştırma işlemi için pervaporasyon deneyleri yapılmıştır. Deneyler  $25^{\circ}C$  sıcaklığında 6000 ppm borik asit konsantrasyonunda 3 saat boyunca gerçekleştirilmiştir.

İlk olarak membran hücreye yerleştirilmiştir. Besleme karışımı bir besleme pompası aracılığıyla membran hücresine beslenmiştir. Çelik hücrenin üst tarafında membran besleme karışımı ile temas ederken, hücrenin alt tarafından vakum pompası ile basınç farkı yaratılır. Böylece su hidrofilik membrandan sürekli çekilir ve alt akımda su, basınç farkı nedeni ile düşük basınçta buharlaşır ve sonra sıvı azot ile soğutulmuş sıvı fazda elde edilir. Kurulan deney düzeneği Şekil 2 de verilmiştir.



**Şekil 2.** Pervaporasyon şeması: (1) geri soğutucu, (2) karıştırıcı, (3) termokapl, (4) membran hücresi, (5) membran, (6-8) Dewar kapları, (9) vakum pompası (Ünlü ve Hilmioğlu, 2018).

Pervaporasyon prosesinin performansı akı ve giderim yüzdesi ile belirlenir. Eşitlik 1 ve Eşitlik 2 sırasıyla akı ve giderim yüzdesi değerlerini bulmak için kullanılan formüllerdir. Membranların şişme dereceleri ise Eşitlik 3 kullanılarak belirlenmiştir.

$$J = \frac{m}{S \cdot t} \quad (1)$$

$$G. Y. (\%) = \frac{C_{ilk} - C_{son}}{C_{son}} \times 100 \quad (2)$$

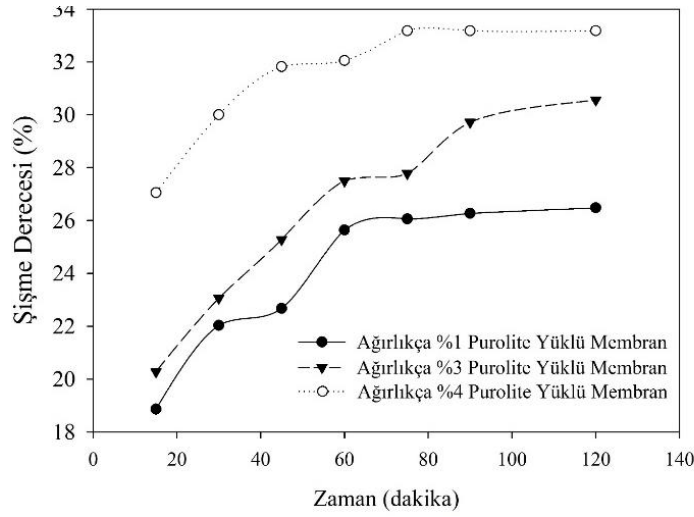
$$\text{Ş. D. (\%)} = \frac{W_{son} - W_{ilk}}{W_{ilk}} \times 100 \quad (3)$$

Eşitlik 1'de J akıyı, m, membrandan geçen kütle miktarını, S, membranın yüzey alanını, t ise zamanı ifade etmektedir. Eşitlik 2'de C çözeltideki bor konsantrasyonunu ifade ederken, Eşitlik 3'de ise w membran ağırlığını ifade etmektedir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### Membranların Suyu Absorplama Yeteneği

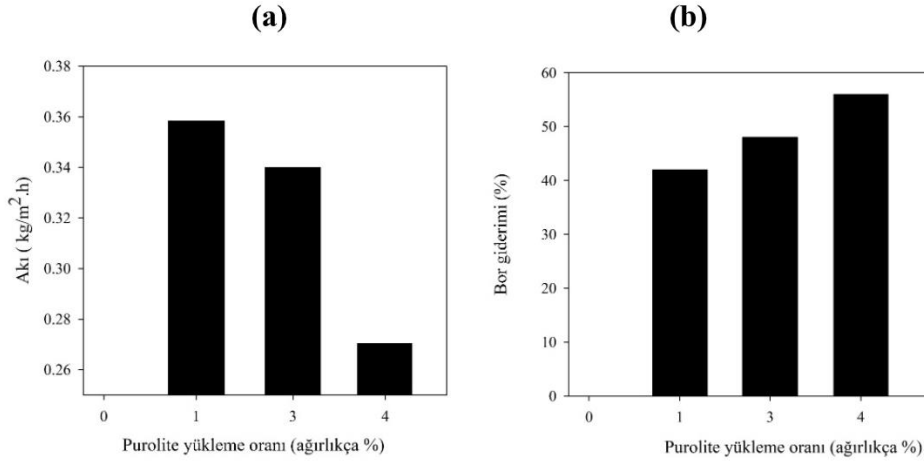
Şişme derecesinin büyüklüğü membranın o maddeye ilgisini göstermektedir. Şişme derecesinin artması ile genellikle membran geçirgenliği artarken seçicilik azalmaktadır. Şekil 3'ten görülmektedir ki membranlardaki Purolite S108 konsantrasyonu arttıkça membranların su emilimi artmaktadır. Bu durum eklenen Purolite S108'in membran matriksinde sorpsiyon-difüzyon kanallarını genişletmesi ile açıklanabilir. Genişleyen difüzyon kanalları suyun daha fazla emilimini sağlar ve şişme derecesi artar.



Şekil 3. Membranların zamana karşı gösterdikleri şişme dereceleri

### Purolite S108 Konsantrasyonunun Ayırma Performansına Etkisi

Yüksek kalitede bor tutma özelliğine sahip Purolite S108 reçinesi hidrofilik PVA membranına eklenerek seçici ve geçirgen bir membran oluşturulmak istenmiştir. Yapılan deneylerle birlikte görülmektedir ki, operasyon şartları oda sıcaklığında ve besleme konsantrasyonu sabitken Purolite S108 yükleme oranı arttıkça, akı azalmış, bor gideriminde ise belli bir oranda artış görülmektedir. Bu durum Şekil 4'te grafiksel olarak ve Tablo 1'de sayısal verilerle gösterilmiştir.



Şekil 4. (a) Membranlardaki Purolite yükleme oranlarına karşı akı miktarı (b) membranlardaki Purolite yükleme oranlarına karşı elde edilen bor giderimi yüzdesi

Tablo 1. Membranlardaki Purolite yükleme oranlarına göre akı miktarı ve elde edilen bor giderimi yüzdesi

Purolite S108 yükleme oranı (wt. %)	Akı (kg/m <sup>2</sup> .h)	Bor giderimi (%)
1	0.36	42
3	0.34	48
4	0.27	56

Akı, membran performanslarının değerlendirilmesi açısından incelenen önemli bir parametredir. Membrana eklenen Purolite S108'in yükleme oranı arttıkça, membran yüzeyinde borun tutunma kapasitesi de artmaktadır.

Ancak bu durum membran gözeneklerinde tıkanmaya yol açmıştır ve akı azalmıştır. Membranların bor tutma kapasitesi arttığından, süzüntü akıntıda elde edilen bor gideriminde de artış gözlenmektedir.

## SONUÇ

Bu çalışmada membran destekli ayırma prosesi olan pervaporasyon kullanılarak atıksulardaki borun giderimi sağlanmıştır. Sistemde yüksek kalitede bor tutma özelliğine sahip Purolite S108 reçinesi ve hidrofilitik özellikteki PVA polimeriyle oluşturulmuş membranlara çapraz bağlama metodu kullanılarak membranın su içinde çözünmesi engellenmiştir. 25°C sıcaklığında ve 3 saat boyunca süren deneyler sonucunda membranlardaki Purolite S108 reçinesinin konsantrasyonu arttıkça bor gideriminin arttığı görülmektedir. Çalışma sonunda Purolite S108 reçinesiyle oluşturulmuş karma matris membranların atıksulardaki bor gideriminde kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Daha kapsamlı çalışmalarla daha iyi verimler gözlemek mümkündür.

## KAYNAKLAR

- Adair R., Boron, Rosen Publishing Group, New York, 2007.
- Ateş, Ç., Bayraktar, B., & Bilen, M. (2018). Yanıt yüzey yöntemi ile bir bor fabrikası atık suyu kimyasal arıtma sürecinde optimum koşulların belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(1).
- Başkan, M. B., & Atalay, N. (2014). İçme Ve Sulama Sularında Bor Kirliliği Ve Bor Giderme Yöntemleri. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 20(3).
- Boubakri, A., Bouguecha, S. A. T., Dhaouadi, I., & Hafiane, A. (2015). Effect of operating parameters on boron removal from seawater using membrane distillation process. *Desalination*, 373, 86-93.
- Darwish, N. B., Kochkodan, V., & Hilal, N. (2015). Boron removal from water with fractionized Amberlite IRA743 resin. *Desalination*, 370, 1-6.
- Demirçivi, P. (2008). Atık Sulardan Kesikli Ve Sürekli Sistemlerle Bor Giderimi (*Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü*).
- Garcia-Segura, S., Eiband, M. M. S., de Melo, J. V., & Martínez-Huitle, C. A. (2017). Electrocoagulation and advanced electrocoagulation processes: A general review about the fundamentals, emerging applications and its association with other technologies. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 801, 267-299.
- Oren, Y., Linder, C., Daltrophe, N., Mirsky, Y., Skorka, J. and Kedem, O., (2006). Boron removal from desalinated seawater and brackish water by improved electrodialysis, *Desalination*, 199, 52-54
- Polat, H., Vengosh, A., Pankratov, I. and Polat, M., (2003). A new methodology for removal of boron from water by coal and fly ash, *Desalination*, 164, 173-188.
- Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü,  
<https://www.boren.gov.tr/Sayfa/bor-elementi/23>, [17.10.2020]
- Unlu, D., Hilmioglu, N.D. (2016). Pervaporation catalytic membrane reactor study for the production of ethyl acetate using Zr(SO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>.4H<sub>2</sub>O coated chitosan membrane, *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 91, 122-130.
- Unlu, D., & Hilmioglu, N. D. (2018). Pervaporation catalytic membrane reactor application over functional chitosan membrane. *Journal of Membrane Science*, 559, 138-147.
- Unlu, D. (2019). Fabrication and application of silicotungstic acid/PVA and phosphomolybdic acid/PVA hybrid membrane for pervaporative dehydration of isopropanol solution. *Macromolecular Research*, 27, 998-1008.
- Yazicigil, Z., & Oztekin, Y. (2006). Boron removal by electrodialysis with anion-exchange membranes. *Desalination*, 190(1-3), 71-78.
- Yilmaz, A. E., Boncukcuoğlu, R., Bayar, S., Fil, B. A., & Kocakerim, M. M. (2012). Boron removal by means of chemical precipitation with calcium hydroxide and calcium borate formation. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 29(10), 1382-1387.



## Investigation of heat transfer in a channel with a set of triangular prisms

Melike Yukselturk<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-0558-8275>), Hakan Palancıoğlu<sup>2</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-7209-3814>), Unal Akdag<sup>3\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-1149-7425>)

<sup>1,2,3</sup>Aksaray University, Engineering Faculty, Mechanical Engn. Department, Aksaray, Turkiye.

\*Corresponding author e-mail: uakdag@gmail.com

### Abstract

Heat transfer in a channel in presence of a set of triangular prism has been investigated experimentally in turbulent flow regime. The square cross-sectional channel is used and the triangular prisms are located in the middle of the channel. The bottom wall of the channel is heated with constant heat flux. The channel aspect ratio and triangular prism elements dimensions are considered fixed. Three equilateral triangular prisms have been used with four different attack angles in cross flow of air. The heated surface temperatures and bulk temperatures are measurement by using thermocouples on the experimental setup. The set of triangular prism is effected flow field and changed heat transfer rate from heated surface. Diagram of Nusselt number versus Reynolds numbers is presented and discussed. Results are compared with the available data in the literature that display good agreements. These, triangular prisms show a more significant increase in heat transfer coefficient for channel flows.

**Keywords:** Heat transfer enhancement, triangular prism, cross-flow

### INTRODUCTION

In recent years, the cooling problem of heat generating electronic components has been great attention as new research topic. It is needed to new cooling methods to eliminate the generated heat, effectively and reliably. Thermal performance of heat transfer devices can be improved by heat transfer enhancement techniques. Many techniques based on both active and passive methods are used to enhance heat transfer in these applications. Among these methods one can find systems involving vortex generators such as fins, prisms, turbulence promoters and other cylinders. The geometrical characteristics of vortex generators play a significant role in the rate of heat transfer. Disturbance promoters increase fluid mixing and interrupt the development of the thermal boundary layer, leading to enhancement of heat transfer (Kumar et al., 2014). Recently, it is known that significant heat transfer enhancements are obtained by using flow mixers and vortex promoters placed on hot surfaces. Triangular prisms are one of the basic configurations that can be used as a bluff body for applications of flow control, vortex promoters and heat transfer enhancement. It is very important for engineering point of view due to its various engineering applications, e.g., it is used in flow metering devices, heat exchange systems, heat pipes, solar thermals, electronic cooling, in heating, ventilation and air-conditioning systems, and nuclear reactor. (Rosales et al., 2001; Turki et al., 2003; Bhattacharyya and Dhinakaran, 2008)

The body placed in a smooth channel cause an increase in turbulent intensity and flow mixing, thus induce a recirculation zone or vortices flow behind the body. Although heat transfer is increased through the body arrangement, the pressure drop of the channel flow is also increased due to the decreased flow area effects. Therefore, the geometric dimensions of the bodies, spacing between triangular bodies and arrangement type play important role on heat transfer and fluid characteristics (Manay et al., 2012). In contrast to the studies of the flow past a circular and square cylinder, there are limited studies that focus on a triangular cylinder immersed in a cross flow. Furthermore, many researchers have put emphasis on both the flow field and heat transfer characteristics of a triangular cylinder placed in a channel with confined flows (Abbassi et al., 2001; Alawadhi, 2013; De and Dalal, 2007; Srikanth et al., 2010).

When the bluff body is placed in the channel, depending on the position of obstacle, different flow created, when obstacle is placed in the center of channel, there is a periodic flow with vortex shedding, as obstacle approaches the wall, flow becomes asymmetric and for sufficient wall approach ratio flow becomes suppressed and there is not vortex shedding any more, this critical wall approach ratio depend on the boundary layer thickness ( $d/D$ ) and Reynolds number. It has been reported different critical wall approach by authors at high Reynolds numbers. (Martinuzzi et al. 2003, Bailey et al. 2002, Bosch et al. 1996, Chakrabarty et al. 2007, Singha et al. 2008). Ferhadi et al., (2010), numerically analyzed the effect of wall proximity of a triangular

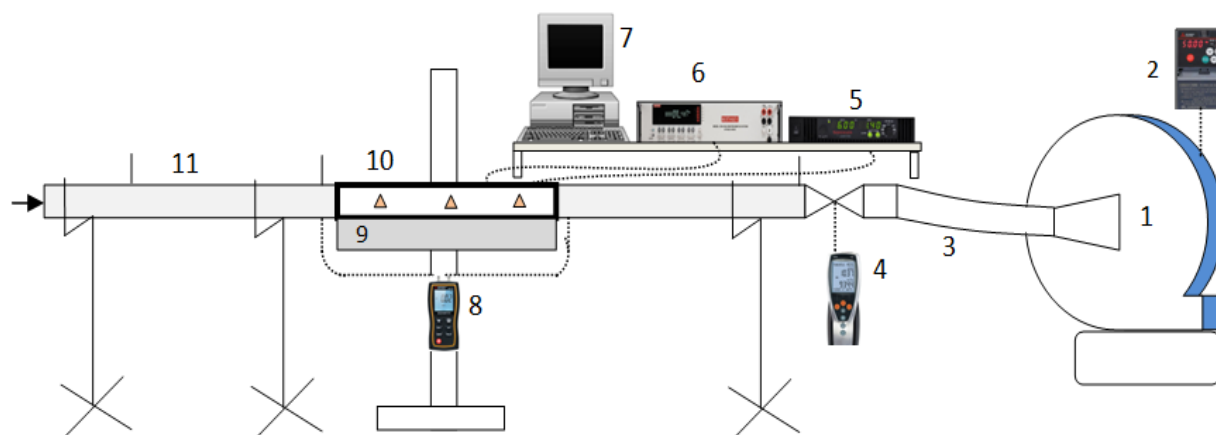
cylinder on the heat transfer and flow field in a horizontal channel. They show that approaching triangular cylinder in the wall, removes vortex shedding and subsequently the heat transfer rate decreases at low Reynolds number.

Ali et al, (2011), have been reported an experimental study on steady forced convection heat transfer from the outer surfaces of horizontal triangular cylinders in an air flow. Local Nusselt numbers around the obstacles are observed to decrease, at the beginning, up to the separation points and then increase, in the transition regime, up to the turbulent limit where they decrease again. A heat transfer optimization of a channel with three blocks attached to its bottom wall and an inserted triangular cylinder has been carried out by Beig et al, (2011). The goal of the study is to maximize the heat transfer rate as well as achieving heat flux uniformity above the blocks. The optimum position of the vortex generator has been found to be above the first block

In addition, excellent studies on the triangular obstacle in turbulent confined as well as unconfined flow regimes have been reported by El-Wahed et al. (1993), Chattopadhyay (2007), Manay et al. (2010), Mohsenzadeh, et al (2010), Benim et al. (2011) and Eiamsa-ard et al. (2012). Thus, besides having many industrial applications, the momentum and heat transfer characteristics around three tandem triangular cylinders in the steady regime have not been studied experimentally in the open literature. A triangular prism element is very basic configuration as a bluff body though its role has not been studied in detail. Therefore, the aim of the present study is set to investigate the confined flow and heat transfer around triangular cylinders in tandem arrangement at wide range of Reynolds numbers, and attack angles. Experimental study has been performed on forced convection heat transfer from bottom surface of a square cross-sectional channel with equilateral triangular cylinders in cross flow of air.

## EXPERIMENTAL STUDY

The experiments were carried out in a square cross-section channel. The experimental setup is shown schematically in Figure 1.



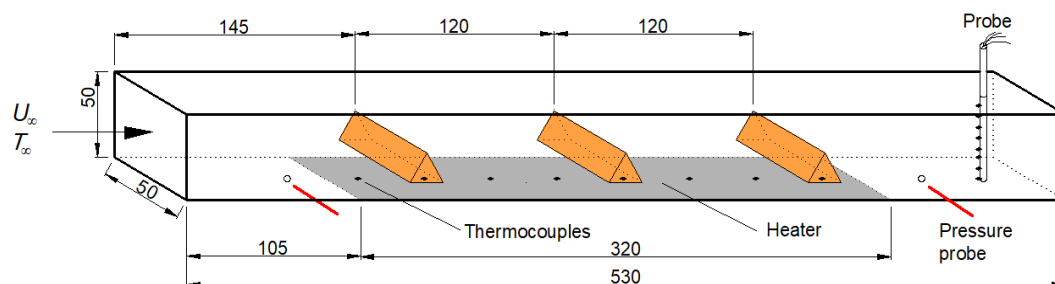
**Figure 1a.** The schematic view of experimental setup

(1.Blower, 2.Frequency controller, 3.Flexible hose, 4.Velocity measurement, 5.Power supply, 6.Data Acq.System, 7.PC, 8.Differential pressure manometer, 9.Heater block, 10.Test section, 11.Inlet section )



**Figure 1b.** The picture of experimental setup

The setup consists of a long enough entrance section, a test section, a centrifugal blower, a set of triangular prisms, and devices for measuring flow velocity, temperature and pressure difference. Air was drawn in by a variable speed fan and passed through the test section of the channel. The channel inner cross section dimensions were  $H=50\text{mm}$  (height) and  $W=50\text{mm}$  (wide). The channel was constructed with 9mm thick Plexiglas materials. The dimensions of the heating plate were 50mm (width) and 320mm (length). The heating plate was made of very thin stainless steel foil (0.02mm). It was firmly clamped and stretched between two copper plug bars. The foil was electrically heated by means of a high current DC power supply (Ametek XG 6-110) to provide a constant heat flux from heated surface. The equilateral triangular obstacles were located in the middle of the test section of the channel to enhance the convective heat transfer. The triangular obstacles were made of special wood material and assumed to be adiabatic. The average temperatures of heated surface and bulk temperatures in the test section were measured for various rates of airflow through the channel.



**Figure 2.** Schematic view of the test section

The test sections are shown in Figure 2 in detail. The geometric dimensions, triangular prisms arrangements and thermo-couple positions are given in the figure. The inlet and outlet temperatures of the air were measured in different locations of the channel by using K-type thermocouple. The heater surface temperatures are measured by a series of thermocouples. These thermocouples were embedded to the bottom of foil, rigorously. Because the foil very thin, the thermal gradient has been neglected ( $Bi=0.0001$ ). At the exit of the test section a temperature probe are placed perpendicular to the exit section. A thermocouple is located at the inlet section of the channel, which is measured inlet air temperature ( $T_\infty$ ). The fluid bulk temperature was calculated to inlet and outlet section average temperatures using linear fit. All of these thermocouples were connected to a PC-based data acquisition system (Keithley-2750). The air velocity was measured by the (Testo-435) turbine type anemometer connected between the output of the channel and blower.

The bottom side of the stainless steel foil (heater) was insulated with 5cm Rock-wool insulation to prevent the heat loss through the bottom and to allow transmission of heat from heater to air flow in channel. It is assumed

that the power input to the heater equal to the total output the heat transfer surface. The radiation heat transfer from top surface of the foil is calculated with Eqn.(1) and removed from the total heat transferred to the air.

$$q_r = \varepsilon \sigma (T_w^4 - T_\infty^4) \quad (1)$$

The system of interest consists of a fixed long equilateral triangular adiabatic cylinder of side  $d$  ( $d=2$  cm) and exposed to a fully developed fluid velocity  $U_\infty$  and temperature  $T_\infty$ . The average Nusselt numbers are calculated from Eq.2. Where,  $q''$  is net heat flux,  $D_h$  hydraulic diameter,  $k_f$  is conductivity of fluid  $\bar{T}_w$ , is average surface temperature and  $\bar{T}_b$  is bulk temperature of flow field. The  $T_b$  is calculated by using the test section inlet and outlet average temperatures. The  $T_w$  average wall temperatures are calculated by the measured surface temperatures using thermocouples located to foil surface in an arranged order along the middle of heater surface. The length of the inlet section was selected long enough to provide a fully developed flow, and also the length of the outlet section was selected long enough to prevent the adverse pressure effects at the exit. The experimental data are used for heat transfer calculations and some dimensionless number was given in the following equations;

$$Nu = \frac{q'' D_h}{k_f (\bar{T}_w - \bar{T}_b)} \quad (2)$$

The Reynolds number, based on the channel hydraulic diameter was given by;

$$Re = \frac{\rho u D_h}{\mu} \quad (3)$$

Where,  $\mu$  is dynamic viscosity of the fluid. Friction factor,  $f$ , can be written as

$$f = \frac{\Delta P}{\left(\frac{L}{D_h}\right) \rho u^2 / 2} \quad (4)$$

where  $\Delta P$  is pressure drop across the length of the channel,  $L$ , and measured experimentally.

The Nusselt number was calculated from Eqn.2 and calculated Nusselt number was normalized by the Nusselt number for fully developed turbulent flow in a smooth (empty) channel verified by the Dittus-Boelter correlation ( $Nu_o$ ).

$$Nu_o = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \quad (5)$$

The friction factor computed using Eq.4 is a representation of non-dimensional pressure drop in test section of the channel. The pressure drop was measured by (Digitron P200H) differential manometer. The friction factor was computed between inlet and outlet section of the test section.

The thermo hydraulic performance factor of the channel with triangular prisms was computed with respect to smooth (empty) channel results.

$$\eta = \frac{Nu/Nu_o}{(f/f_o)^{1/3}} \quad (6)$$

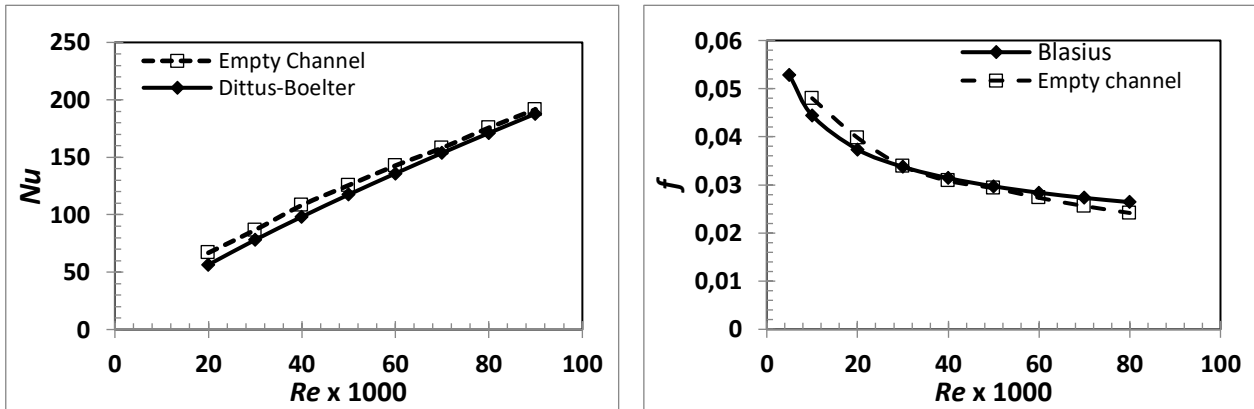
If the thermo-hydraulic performance is greater than 1, there is an improvement in heat transfer despite the friction which is caused by the air flowing over triangular prisms.

### Experimental uncertainty

In this section, the experimental uncertainty is to be estimated in the calculated results on the basis of the uncertainties in the primary measurements. The error in measuring the surface temperature and bulk temperature is  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  and  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ , respectively. The accuracy in measuring the power input is taken from the Wattmeter as reading  $\pm 5\text{W}$ . The velocities at the channel were measured by an anemometer with uncertainty of  $\pm 0.03$  m/s. The error in measuring the dynamic pressure is  $\pm 0.1$  Pa. The uncertainty in the experimental data was determined according to the procedure proposed by Kline and McClintock (1953). Finally, the average uncertainties of the Nusselt numbers were computed to be about  $\pm 5.78\%$ .

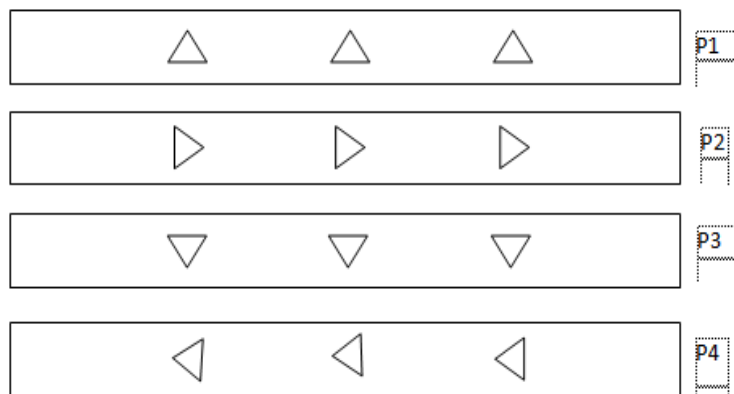
## RESULTS AND DISCUSSION

The experimental data for the heat transfer in a rectangular channel with triangular prisms was examined under the turbulent flow regime. For the validation of experimental results, the Nusselt number variation with Reynolds number in the smooth (empty) channel were compared with the Dittus-Boelter correlation and friction factor is compared with Blasius correlation in the common literature (Bergman et al, 2011). It can be seen that there is a good overall agreement in trends between the experimental results and correlations Figure 3. Where the flow physics is not very complicated, it can be observed that there is a very good agreement between the two sets of data for all the cases.



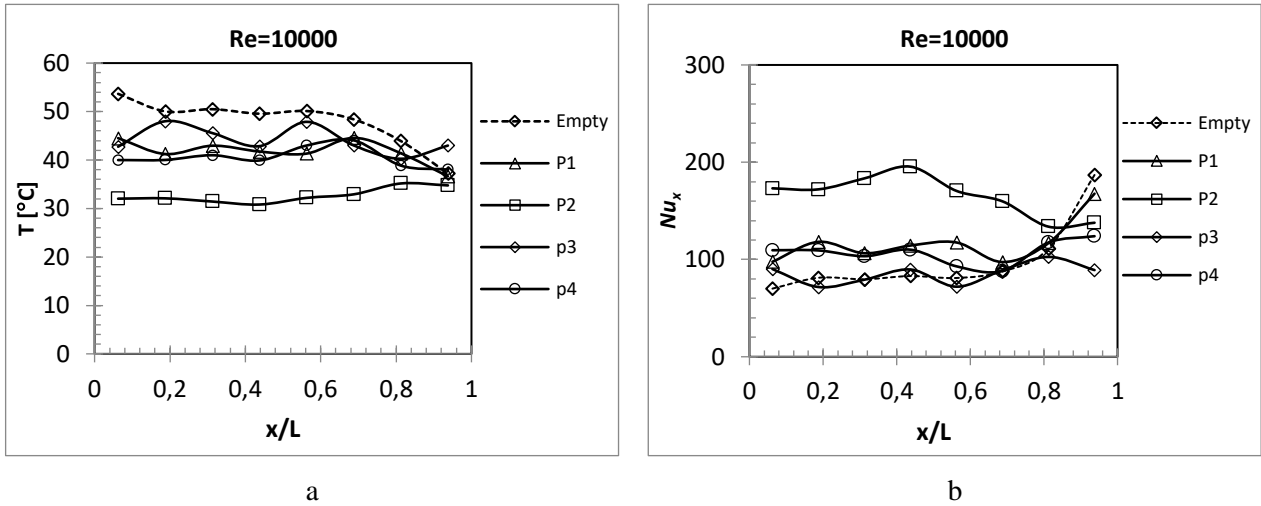
**Figure 3.** Verification of present study for smooth (empty) channel

This section systematically represents the details on the turbulent forced flow and heat transfer characteristics of an incompressible fluid in a horizontal channel with three equilateral triangular cylinders of equal size in tandem arrangement placed on the centerline at confined in a channel.



**Figure 4.** The triangular prisms positions (attack angle) in channel

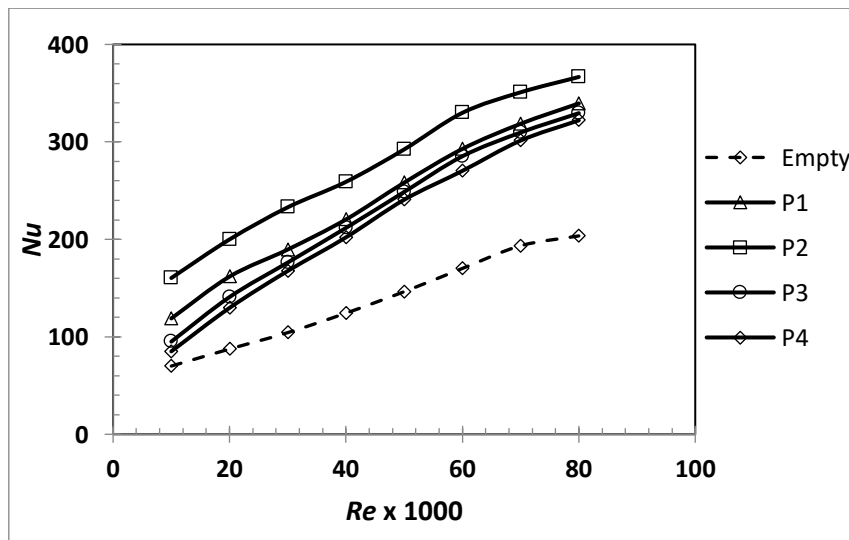
Where, the effects of Reynolds number and positions (angle attack) on the forced flow and heat transfer phenomena of three confined equilateral triangular prisms (bluff bodies) in tandem arrangement have been investigated in detail experimentally. A schematic view of the tandem arrangement and angle attack of the triangular prisms are shown Figure 4. Where four different angular positions are considered and the positions entitled as P1, P2, P3 and P4. The locations of the triangles in the channel are kept constant by taking the center of gravity, and rotated clockwise for each position. The aim of this study is to investigate in which position there is better heat transfer.



**Figure 5.** a) The local temperature variation along the heated surface, b) Local Nusselt number along the heated surface

In this study, the experimentally measured averaged temperatures along the heated surface are given in Figure 5. Where, the temperature variation of empty channel is very high compared to existing of prisms in channel as expectation. The wall temperatures for the triangular prisms are lower than the smooth surface, which disrupted the boundary layer more, resulting in a better heat transfer. The lower temperature values are obtained for P2 position as shown in Figure 5a. It means that the surface cooling performance is very high than the other, because of the blocking rate. It seems clear that the high blocking rate is in P2 position, which leads the higher local Nu number variation along the surface as shown in Figure 5b.

The present experimental results on heat transfer characteristics, in a channel equipped with triangular prisms are presented in the form of Nusselt number. The Nusselt numbers obtained under turbulent flow conditions for four angle positions of prisms with different Reynolds number are presented in Figure 6. As shown in the figure, the use of triangular prisms lead to considerable heat transfer enhancements in a similar trend in comparison with the smooth channel. The average Nusselt number gradually increases with the increasing of Reynolds number for any position of triangular prisms.



**Figure 6.** Nusselt number for varying Reynolds number for all positions of prisms

It was found that the significantly heat transfer enhancement with triangular prisms compared to the smooth channel as shown in Figure 6. As can be seen, from the figures, the triangular prisms allow a higher heat transfer enhancement than the smooth channel for all Reynolds number. The best heat transfer enhancement was observed at the P2 position. Compared with other positions, due to the higher blockage ratio of P2, the obstacle generates strong vortices, and a strong recirculation region occurs behind the prisms. This is leading

to better mixing between the core and wall flows. It causes a higher heat transfer rate from the heated surface. Also, it was observed that the P3 and P4 positions are approximately close to each other. The P1 position heat transfer performance is slightly higher than these positions.

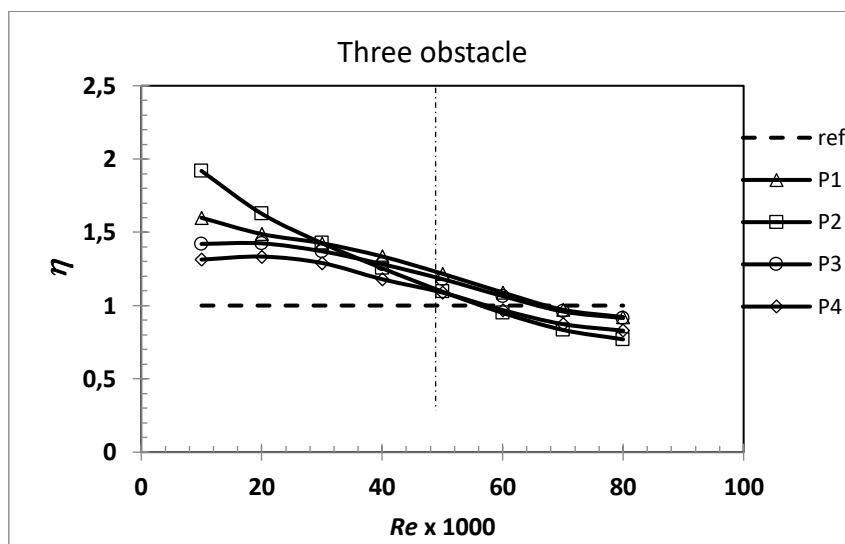


Figure 7. Variation of the Thermo–Hydraulic Performance with Reynolds number

The heat transfer performance factor ( $\eta$ ) is calculated by using Equation.6. Where the THP (Thermo-Hydraulic Performance) is greater than 1, there is an improvement in heat transfer despite the pressure drop. Figure 7 shows the THP values showing the increase in heat transfer caused by triangular prisms, despite the friction. Although, there is no increase in thermo-hydraulic performance for higher Reynolds number after than  $Re=5 \times 10^4$ . It seems that there has been remarkably increase in lower Reynolds number. It appears that there exists maximum thermo hydraulic performance in lower Reynolds number. Providing low Reynolds number ( $Re=10^4$ ) and the best thermo-hydraulic performance for P2 position has shown that the triangular prisms significantly increases the heat transfer (about 80%) even if it causes some increase in friction. When the Reynolds number increases above the critical value ( $Re=5 \times 10^4$ ), the improvement in thermo-hydraulic performance decreases as both the heat transfer performance decreases and the friction losses increase more. In this study, Reynolds number, and angular positions of triangular prisms are changed and the other parameters are kept constant. It has been observed that the triangular prisms in a channel have a significant potential to increase of heat transfer performance.

## CONCLUSION

In this experimental study, the investigation of the effects of equilateral triangular prisms on heat transfer and flow characteristics was made based on the Nusselt number and skin friction factor obtained experimentally. The equilateral triangular prisms inserted to the channel causes a remarkable increase in both pressure drop and heat transfer in comparison with the smooth channel. A considerable heat transfer enhancement is provided by using triangular prisms. The average Nusselt number of the P2 position is found to be larger than the other positions in tandem configuration. The highest THP is achieved for the P2 position and at lower Reynolds number of  $10^4$ . In addition, the variation of the local Nusselt number along the heated surface is presented to illuminate the role of Reynolds numbers, and attack angles. However,  $\eta < 1$  for all attack angles after Reynolds number is about  $5 \times 10^4$ , because the friction factor increase dominates the increase in heat transfer. The results showed that the use of triangular prisms can have a significant impact on local heat transfer and pressure drop because of the secondary flow induced by the attack angle. Consequently, it is possible to report that according to the operating conditions, the use of equilateral triangle prisms in channel flow for effective cooling of heated surfaces is convenient in order to obtain higher heat transfer performance.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to thanks the ASÜ-BAP (Scientific Resarch Project Unit of Aksaray University) for financial support under contract: BAP-2018-013.

## REFERENCES

- Abbassi,H.,Turki,S., Nasrallah, S.B., 2001. Numerical investigation of forced convection in a plane channel with a built-in triangular prism. *International Journal of Thermal Sciences*, 40: 649–658.
- Alawadhi,E.M., 2013. Numerical simulation of fluid flow past an oscillating triangular cylinder in a channel. *Journal of Fluids Engineering (ASME)*, 135: 041202
- Ali, M., Zeitoun, O., & Nuhait, A. 2011. Forced convection heat transfer over horizontal triangular cylinder in cross flow. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(1), 106-114.
- Bailey, S. C. C., Martinuzzi, R. J., Kopp, G. A., 2002. The Effects of Wall Proximity on Vortex Shedding from a Square Cylinder: Three Dimensional Effects, *Physic of Fluids*, 14(12): 4160-177.
- Beig, S. A., Mirzakhali, E., & Kowsari, F. 2011. Investigation of optimal position of a vortex generator in a blocked channel for heat transfer enhancement of electronic chips. *Int. Journal of Heat and Mass Transfer*, 54(19-20), 4317-4324.
- Benim, A. C., Chattopadhyay, H., & Nahavandi, A. (2011). Computational analysis of turbulent forced convection in a channel with a triangular prism. *International Journal of Thermal Sciences*, 50(10), 1973-1983.
- Bergman, T. L., Incropera, F. P., DeWitt, D. P., & Lavine, A. S. 2011. Fundamentals of heat and mass transfer. John Wiley & Sons. NewYork.
- Bhattacharyya, S. and Dhinakaran, S., 2008. Vortex shedding in shear flow past tandem square cylinders in the vicinity of a plane wall, *Journal of Fluids and Structures*, 24:400–417.
- Bosch, G., Kappler, M., Rodi, V., 1996. Experiments on the Flow Past a Square Cylinder Placed Near a Wall, *Exp. Thermal Fluid Science*, 13(3): 292-305
- Chakrabarty, D., Brahma, R., 2007. Effect of Wall Proximity in Fluid Flow and Heat Transfer from a Square Prism Placed Inside a Wind Tunnel, *Thermal Science*, 11(4): 65-78.
- Chattopadhyay, H. 2007. Augmentation of heat transfer in a channel using a triangular prism. *Int. Journal of Thermal Sciences*, 46(5): 501-505.
- De,A.K.,Dalal,A., 2007. Numerical study of laminar forced convection fluid flow and heat transfer from a triangular cylinder placed in a channel. *Journal of Heat Transfer (ASME)*, 129; 646–656.
- Eiamsa-Ard, S., Sripattanipat, S., & Promvong, P. 2012. Numerical heat transfer analysis in turbulent channel flow over a side-by-side triangular prism pair. *Journal of Engineering Thermophysics*, 21(2), 95-110.
- El Wahed, A. K., Johnson, M. W., & Sproston, J. L. 1993. Numerical study of vortex shedding from different shaped bluff bodies. *Flow Measurement and Instrumentation*, 4(4): 233-240.
- Farhadi, M., Kurosh Sedighi, K., Afshin Mohsenzadeh KA., 2010. Effect of wall proximity on forced convection in a plane channel with a built-in triangular cylinder, *International Journal of Thermal Sciences*, 49: 1010-1018.
- Kline, S.J., McClintock, F.A. (1953). Describing uncertainties in single-sample experiments, *Mechanical Engineering* 73 (pp.3-8).
- Kumar, M., Dhingra, S., Singh, G. 2014. Heat transfer augmentation in rectangular channel using four triangular prisms arrange in staggered manner. *International Journal of Enhanced Research in Science Technology & Engineering*, 3(7): pp. 137-144.
- Manay, E., Comaklı, O., Gunes, S., Akcadirci, E., Ozceyhan, V., & Cakır, U. 2012. The prediction of heat transfer and fluid characteristics for equilateral triangular bodies in tandem arrangement by artificial neural networks. *Gazi University Journal of Science*, GU J Sci 25(2):505-517.
- Manay, E., Gunes, S., Akcadirci, E., & Ozceyhan, V. 2010. Numerical analysis of heat transfer and pressure drop in a channel equipped with triangular bodies in side-by-side arrangement. *Online J. Power Energy Eng*, 1: 85-89.
- Martinuzzi, R. J., Bailey, S. C. C., Kopp, G. A., 2003. Influence of Wall Proximity on Vortex Shedding from a Square Cylinder, *Experiments in Fluids*, 34(5): 585-596.
- Mohsenzadh A., Farhadi, M. and Sedighi, K. 2010. Convective Cooling of Tandem Heated Triangular Cylinders Placed in a Channel, *Therm. Sci.*, 14: 183–197.



- Rosales, J.L., Ortega, A. and Humphrey, J.A.C., 2001. A numerical simulation of the convective heat transfer in confined channel flow past square cylinders: comparison of inline and offset tandem pairs, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 44: 587–603.
- Singha, A. K., Sarkar, A., De, P. K., 2008. Numerical Study on Heat Transfer and Fluid Flow Past a Circular Cylinder in the Vicinity of a Plane Wall, *Numerical Heat Transfer, Part.A*, 53 (6): 641-666.
- Srikanth,S., Dhiman,A.K., Bijjam,S., 2010. Confined flow and heat transfer across a triangular cylinder in a channel. *International Journal of Thermal Sciences*, 49: 2191–2200.
- Turki, S., Abbassi, H. and Ben Nasrallah, S., 2003. Two-dimensional laminar fluid flow and heat transfer in a channel with a built-in heated square cylinder. *International Journal of Thermal Sciences*, 42: 1105–1113.

## Korunan sulak alanlarda kıyı kenar çizgisi/sit alanı sınırı - mülkiyet ilişkisinin değerlendirilmesi: Akşehir Gölü örneği

Halil Burak Akdeniz\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9504-051X>), Şaban İnam (ORCID:  
<https://orcid.org/0000-0002-9101-6109>)

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği, Konya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [hbakdeniz@ktun.edu.tr](mailto:hbakdeniz@ktun.edu.tr)

### Özet

Kıyılarda uygun konumda ve yeterli büyüklükte alanların kamu kullanımına bırakılması, kıyı eko-sisteminin korunması ve kıyı şeridi kullanımı mekânsal planlamasının yapılabilmesi için öncelikle kıyı kenar çizgisinin ve tabiat varlıklarını koruma (SİT) sınırının doğal ve bilimsel verilere uygun şekilde tespit edilmesi gerekir. Ancak bu sınırların tespit ve uygulama aşamasında yaşanan teknik içerikli hatalar ile yerelde yaşanan mülkiyet sorunları nedeniyle adli ve idari yargı kararları sonrasında yaşanan belirsizlikler, pek çok toplumsal sorunu beraberinde yaşatmaktadır. Günümüzde yürürlükte bulunan mevzuata göre kıyıları devletin hüküm ve tasarrufu altında olup, özel mülkiyete konu edilemez. Ancak, Osmanlı Devletinin son döneminden başlayıp Cumhuriyet dönemi 1972 yılına kadar geçen sürede kıyı alanlarında tapu verilmek suretiyle özel mülkiyete konu edilen ve halen de hukuki geçerliliği olan taşınmazlar vardır. Günümüzde böylesi taşınmazlar üzerinde yapılan idari işlemler neticesinde ya ‘tapu kayıtlarının kamulaştırma yapılmadan iptal edilmesi’ ya da ‘tapu kayıtları yok sayılıp devletin hüküm ve tasarrufu altında yerlerden olduğu gerekçesiyle ecrimisil uygulaması’ yoluna gidilmiştir. Bu idari işlemler, adli/idari yargı ve Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi (AİHM) tarafından mülkiyet hakkı kullanımına aykırı bulunmuştur. Bu çalışmanın amacı, kıyı alanlarında yaşanan mülkiyet sorunlarını ‘Konya ili, Akşehir ilçesi, Akşehir Gölü kıyı kenar çizgisi ve tabiat varlıklarını koruma (SİT) sınırı’ özelinde ortaya koyup, çözümsel öneriler geliştirmektir. Bu yerde kıyı kenar çizgisi/SİT sınırı - mülkiyet ilişkileri, arşive esas altlıklar (kadaströ haritası, hâlihazır haritası, yargı kararı evrakları vb.) kullanılmak suretiyle konumsal analiz ve sorgulamalar yapılarak yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı kenar çizgisi, SİT sınırı, Kıyı yönetimi, Mülkiyet hakkı

### Shore border line / natural protected area border in protected wetlands - evaluation of ownership relationship: the case of Akşehir Lake

### Abstract

In order for the shore border line and the protection of natural assets border to be determined in accordance scientific data, first of all, it is necessary to leave the appropriate and sufficient areas on the coasts to the public use and protect coastal ecosystem. However, due to technical content mistake in the determination and implementation of these borders and problems related to the use of local property, the uncertainties after judicial and administrative procedure cause many social problems in the local area. According to the legislation in force today, the coasts are under the rule and saving of the State so the coast cannot be subject to private ownership. However, there are real estate properties that are subject to private ownership and have legal validity by giving title deed both in the last period of the Ottoman Empire and the Republican period (until 1972). As a result of administrative procedures on these real estates, it was conducted either 'cancellation of title deed records without compensation' or 'adequate pay application on the grounds that it is one of the places under the terms of state and saving'. These administrative proceedings were found contrary to the right to ownership according to the judicial / administrative jurisdiction and the European Court of Human Rights (ECHR). The purpose of this study is to reveal the proprietary problems in coastal areas within the context of 'Konya Province, Akşehir District, Akşehir Lake shore border line and natural assets protection border' and develop significant suggestions. In the study, shore border line and natural assets protection border - ownership relations are used (cadastral map, base map, judicial decision documents etc.) and the results were interpreted by spatial analysis and queries.

**Keywords:** Shore border line, Natural protected area border, Coastal management, Property right

### GİRİŞ

Kıyı alanları, “doğal yaşam alanlarının korunması ve gelecek kuşaklara aktarılması” konusunda en önemli sorumluluk alanlarımızdan birisi olup; devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan yerlerdir. Bu özellikleri gereği de özel mülkiyete konu olamazlar. Günümüzde kıyı alanlarının “kamunun ortak kullanımına ayrılan yerler” olduğu ve bu alanlar üzerinde özel mülkiyet tesisine izin verilmemesine rağmen; ülkemizde Osmanlı

Devletin son döneminden başlayan ve Cumhuriyet döneminde 1972 yılına kadar yürürlükte olan yasal mevzuatlar kapsamında ‘kıyılarda özel mülkiyet oluşmasına’ izin verilmiş, hatta teşvik edilmiştir (Şimşek, 2010). Ancak 1972 yılına (24.07.1972 tarih ve 1972/18 karar sayılı Anayasa Mahkemesinin kararı gereğince, 1961 Anayasası değişikliği ve 11.07.1972 tarih ve 1605 sayılı 6785 sayılı İmar Kanununda Bazı Değişiklikler Yapılması Hakkında Kanunun kabul edilmesine) kadar yaşanan süreç içerisinde, oluşan ihtiyaçlar nedeniyle devlet tarafından ‘devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerlerden olduğu’ gerekçesiyle 14.06.1934 tarih ve 2510 sayılı mülga İskân Kanunu kapsamında ‘bugün kıyı alanı ve gölalanı içerisinde kalan yerlerde’ topraklandırma çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar neticesinde ‘ailenin barınması ve iktisadi ihtiyaçlarını karşılaması’ amacıyla yürürlükteki mevzuatın öngördüğü büyüklüklerde araziler, ‘aile reisi’ sıfatını taşıyan kişilere ‘devlete güven’ ilkesini üzerinde taşıyan tapu belgesi eşliğinde verilmiştir.

1982 yılı T.C. Anayasası’nın 43. maddesi ve 3621 sayılı Kıyı Kanunu “*kıyuların devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğunu, dolayısıyla özel mülkiyete konu olamayacağını*” hüküm altına almasına rağmen, Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)’ne bağlı birimler tarafından günümüze kadar yapılan kadastro çalışmaları ile kıyı alanlarında mülkiyet tespitleri yapılmıştır. 3402 sayılı Kadastro Kanunu’na göre ‘*üretilmeyen, arttırılmayan, kıt bir çevre değeri olan*’ böylesi alanlarda kadastro müdürlükleri tarafından tesis kadastro çalışmaları başlanmadan önce, ilgili tüm kurum ve kuruluşlardan (çevre ve şehircilik il müdürlüğü, kadastro ve tapu müdürlüğü, tarım müdürlüğü, orman müdürlüğü, kültür ve tabiat varlıkları koruma kurulları, vb.) kadastro çalışma alanına ilişkin mevcut kayıtlı verilerin temin edilmesi; mevcutta kayıtlı/tesisli olan kıyı kenar çizgisi, sit alan sınırı, mera sınırı, orman sınırı gibi detayların ‘kadastroda sınırlandırma/mülkiyet tespiti’ çalışmalarında dikkate alınması; kadastro tescilinden sonra doğabilecek sınır anlaşmazlıkları ve mülkiyet iddialarının olabildiğince giderilmesinde büyük önem taşımaktadır (Uzun ve Çelik, 2012).

09.07.1987 tarih ve 3402 sayılı Kadastro Kanunu 4. maddesi (Değişik üçüncü fıkra: 22.2.2005-5304/3 md.) “*çalışma alanında orman bulunması ve 6831 sayılı Orman Kanununa göre orman kadastro başlanılmamış olması halinde, orman kadastro ve bu ormanların içinde ve bitişiğinde her çeşit taşınmaz malların ormanlarla müşterek sınırlarının tayini ve tespiti kadastro ekibi tarafından yapılır. Ancak, bu çalışmalarda kadastro ekibine, Orman Genel Müdürlüğü taşra teşkilâtınca görevlendirilecek en az bir orman yüksek mühendisi veya orman mühendisi ile tarım müdürlüklerince görevlendirilecek bir ziraat yüksek mühendisi veya ziraat mühendisinin bildirimden itibaren yedi gün içerisinde iştirak ettirilmesi zorunludur...*” hükmü gereğince, kadastro tespitleri yapılırken orman varlığı dikkate alınmaktadır. Ancak aynı yaklaşım, kıyı alanı bulunan yerlerdeki kadastro çalışmalarında uygulamaya konu edilmemiştir. Kadastro mevzuatı eksikliğinden (kıyı kenar çizgisinin geçirilmesi ya da zemine uygulanması konusunda ihtisas sahibi bilim dalları üyelerinin sınırlandırma ekibinde görevlendirilmesi gibi) kaynaklı hatalı mülkiyet tespiti sonucunda tapu sicilinde hatalı tescil işlemlerinin yapıldığı, kıyı alanında kalan taşınmazlara yönelik açılan tapu iptal davalarından anlaşılmaktadır.

## **MATERYAL VE METHOD**

Akşehir Gölü; İç Anadolu Bölgesi’nde bulunup, idari olarak Konya ve Afyonkarahisar illeri sınırları içerisinde yer alan ve kapalı havza özelliği gösteren sulak alanlardan biridir. Göçmen kuşların uğrak yeri olan ve birçok balık türüne de ev sahipliği yapan Akşehir Gölü, 01.07.1992 tarihinde ‘1. Derece Doğal Sit Alanı’ olarak belirlenmiş ve 01.11.2018 tarih ve 301 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı ile ‘Doğal Sit- Kesin Korunacak Hassas Alan’ olarak tescil edilmiştir (URL-1).

Bu çalışmada, T.C. devleti tarafından “Balkanların Üsküp- Piriştine Bölgesinden göç ettirilen soydaşlarımıza Akşehir ilçesi - Yeniköy mahallesi sınırları içerisinde Akşehir Gölü çevresinde 14.06.1934 tarih ve 2510 sayılı mülga İskân Kanunu kapsamında verilen” arazilerin ‘kıyı kenar çizgisi, sit alanı sınırı ve kadastro sınırı’ uyumsuzluğundan kaynaklı mülkiyet sorunları ‘yargılamaya konu edilen örnek dava dosyası’ özelinde irdelenmiştir. Çalışmada ayrıca, Google Earth Pro Programı kullanılarak 1987-2019 yılları arasında Akşehir Gölü’nde gerçekleşen alansal değişimler sonucu suyun çekildiği bölümde usulsüz sürülüp-ekilen göl arazilerinin de olduğu belirlenmiştir.

2510 sayılı mülga İskân Kanunu kapsamında, yurda göç ettirilen şahıslara ‘tapu belgesi’ karşılığı verilen taşınmazın konumu ile kadastro sınırı ve kıyı kenar çizgisi ilişkisinin gösteren 1/1000 ölçekli kadastro haritası Kadastro Müdürlüğünden, taşınmaza ilişkin mülkiyet bilgileri Tapu Müdürlüğünden, kıyı kenar çizgisi Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden temin edilmiştir. Araziye yerinde incelemeler yapılmış, güncel saha fotoğrafları çekilmiştir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) Parsel Sorgulama Sisteminden ilgili

parselin, komşu parsellerle olan konum ilişkisi belirlenmiştir. Göl kıyı alanlarında yaşanan mülkiyet sorunlarına Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi (AİHM) kararları ışığında bir çözüm önerisi getirilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### a. Akşehir Gölü ve kıyı alanına ilişkin veriler

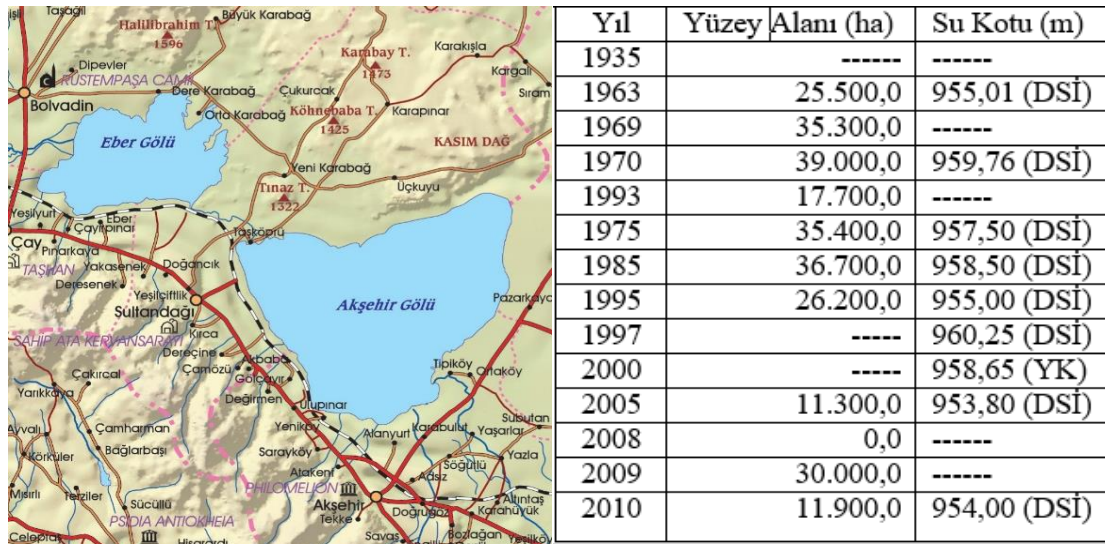
Akşehir Gölü, Akarçay Kapalı Havzasında Sultan Dağları ile Emir Dağı arasındaki jeolojik çöküntü alanında yer alır; bu güne kadar ki en geniş yüzey büyüklüğüne 1970 yılında 39.000,0 ha ile erişmiştir. Biyolojik çeşitlilik ve kuş varlığı açısından son derece zengin olup, ülkemizin uluslararası öneme sahip sulak alanları arasında yer almaktadır. Türkiye'nin 1994 yılında Ramsar Sözleşmesi'ne taraf olması sebebiyle, halen Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği kapsamında koruma çalışmaları sürdürülmektedir. 2007 yılından itibaren 'Akşehir-Eber Gölleri Sulak Alan Yönetim Planı' uygulamaları çerçevesinde T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından koruma ve gözlem altındadır (URL-1). Akşehir Gölü ve kıyı alanı kullanımına esas teşkil etmek üzere;

- 1. Derece Doğal Sit Alanı sınırı, Konya Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu'nun 01.07.1992 tarihli kararı gereğince geçirilmiştir.
- Akşehir Gölü kıyı çizgisinin, yıllık yağış rejimi değişiminden kaynaklı göl suyu seviyesine bağlı olarak 'zamansal değişimler' gösterdiği (Şekil 1); Akşehir Gölü kıyı kenar çizgisinin ilk defa Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından "DSİ Genel Müdürlüğüne belirlenen 960,25m maksimum su kotu kıyı çizgisi esas alınarak" 12.03.1997 tarihinde geçirildiği; bu kıyı kenar çizgisinin "Konya İdare Mahkemesinin 04.04.2001 tarih ve E:2000/342- K:2001/450 sayılı kararı ile iptal edilmesi ve bu kararın Danıştay 6. Dairesi tarafından onanması (18.02.2002 tarih ve E:2001/5756- K:2002/6173 sayılı kararı ile) neticesinde Bakanlık tarafından 15.03.2007 tarihinde iptal edildiği; kıyı kenar çizgisi- mülkiyet ilişkisi iddiasıyla Akşehir Asliye Hukuk Mahkemesinde açılan bir dava (1999/525 E. sayılı dosya) gereğince, kıyı kenar çizgisinin yargı kararı kapsamında "maksimum su kotu 958,65m olarak belirlenerek" yeniden geçirildiği; tartışmalı bir sürecin ardından, Bakanlık tarafından 11.06.2018 tarihinde yeniden oluşturulduğu ve halen yürürlükte olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3).
- Akşehir ilçesinde, Akşehir Gölüne kıyısı bulunan mahalle ve köylerde TKGM tarafından ilk tesis kadastro çalışmasının 1970-1980 yılları arasında yapıldığı; kadastro çalışma alanı sınırı olarak 'fiili göl kıyı kenar çizgisinin' esas alınarak 'mülkiyet tespiti ve sınırlandırma' çalışmalarının buna göre yapıldığı; göl suyunun bulunduğu alanlarda sınırlandırma ve tespit çalışmalarının yapılmadığı; 2510 sayılı mülga İskân Kanunu kapsamında şahıslara verilir göl alanında kalan taşınmazların tapu siciline 'göl alanında kalmıştır' ifadesi yazılarak tescil harici bırakıldığı belirlenmiştir (Şekil 3).

### b. Akşehir Gölü'ndeki zamansal değişim ve bu değişimin arazi kullanımına etkisi

Türkiye'nin 5. büyük gölü olarak bilinen Akşehir Gölü, yüzey alanı olarak en üst değerine 1970 yılında 39.000,0 ha olarak erişmiş iken, devam eden süreçte yüzey alanı/su kotu bakımından değişken bir seyir izlemiştir (Şekil 1, Şekil 2). Göl, 1935 yılında tamamen kurumuş, 1963 yılından itibaren yağışlarla birlikte yeniden canlanmış, o dönemlerde bölge insanına balıkçılık ve kamışçılık geçim kaynağı olmuştur (URL-2, 3). Çöküntü havuzu şeklinde olan ve çevresel su kaynaklarından beslenen Akşehir Gölü'nün küçülmesinde kiraz ve elma gibi meyve bahçeleri ile pancar, tütün, mısır, ayçiçeği gibi ürünlerin sulanması amaçlı derin kuyular açılması birincil etken olmuştur (URL-1).

Göl suyu seviyesindeki değişimlerin bir sonucu olarak, öncesinde "devletin hüküm ve tasarrufu altındaki arazilerden olup 2510 sayılı mülga İskân Kanunu kapsamında 'topraklandırma (arazi dağıtımı)' işlemine konu olan" bir kısım yerler zamanla gölalanı içerisinde kalırken; son dönemde "öncesinde gölalanı iken suların çekilmesi neticesinde ortaya çıkan ve bölge halkı tarafından izinsiz sürülüp-ekilen devletin hüküm ve tasarrufu altındaki tescil harici alanların" varlığı tespit edilmiştir. Şekil 2'de mavi renkli sınırın '11.06.2018 tarihli Bakanlık Oluru ile geçirilen kıyı kenar çizgisi', beyaz renkli sınırın '1992 sit alanı sınırı' olduğu dikkate alınır; 31.12.1987 tarihinde göl alan yerlerin 27.07.2019 tarihinde 'kayıt dışı tarımsal üretime' amacıyla kullanıldığı görülmektedir.



Şekil 1. Akşehir Gölü ve göl yüzeysel alanı/su kotu değerinin zamansal durumu



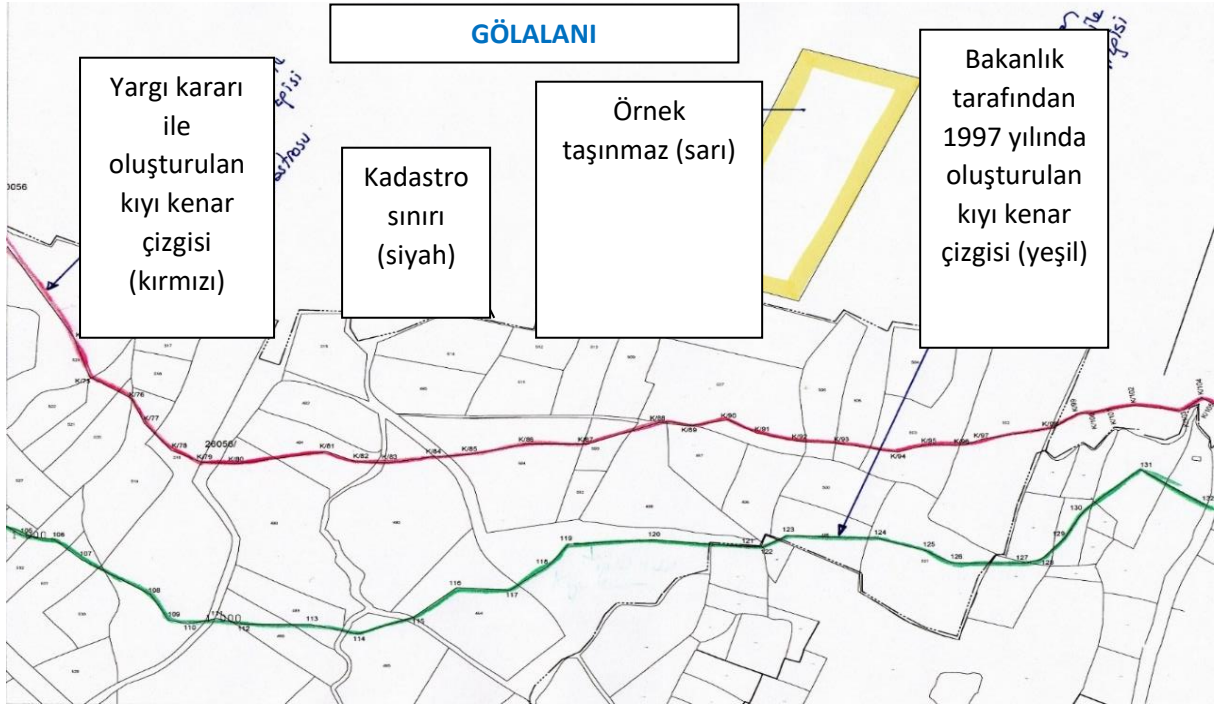
Şekil

2. Akşehir ilçesi, Karabalut mahallesi mevkiinde göl kıyı kenar çizgisi (mavi renkli), SİT sınırı (beyaz renkli) ve örnek taşınmazın (sarı renkli) 1987 ve 2019 yılına ait görüntüsü.

### c. Çalışmaya konu edilen örnek taşınmaz üzerinde yaşanan hukuki süreç

Bu çalışmaya konu edilen örnek taşınmaz; 1930'lu yıllarda Balkanlar'ın Üsküp-Piriştine Bölgesinden Türkiye'ye göç ettirilip 14.04.1938 tarihinde T.C. vatandaşlığına kabul edilen soydaş ailemize, amacı "göçmenlerin (Türk soyundan ve Türk kültürüne bağlı olup, yerleşmek amacıyla tek başına veya toplu halde Türkiye'ye gelip bu Kanun gereğince kabul olunanlardır), köylerde fiziksel yerleşimin düzenlenmesine ilişkin uygulamaya esas şartları ve alınacak tedbirleri, iskân edilenlerin hak ve yükümlülüklerini düzenlemek" olan 2510 sayılı mülga İskân Kanunu 17. maddesi "İskân, bir aileye nüfus ve ihtiyacına göre oturacak ev veya ev yeri, .. çiftçilere de ayrıca kâfi toprak ile ... vermekle yapılır." olan 2510 sayılı mülga İskân Kanunu kapsamında "Konya İli, Akşehir İlçesi, Yeniköy Köyü/Mahallesi, Kurugöl Mevkii" adresinde 75.000,00m<sup>2</sup> yüzölçümü ile verilmiştir. Bu taşınmaz, öncesinde "devletin hüküm ve tasarrufu altındaki tescil harici" yerlerden iken Devlet tarafından oluşturulan Dağıtım Esas Yer Teslim Krokisi ve 23.08.1939 tarihli Tapu

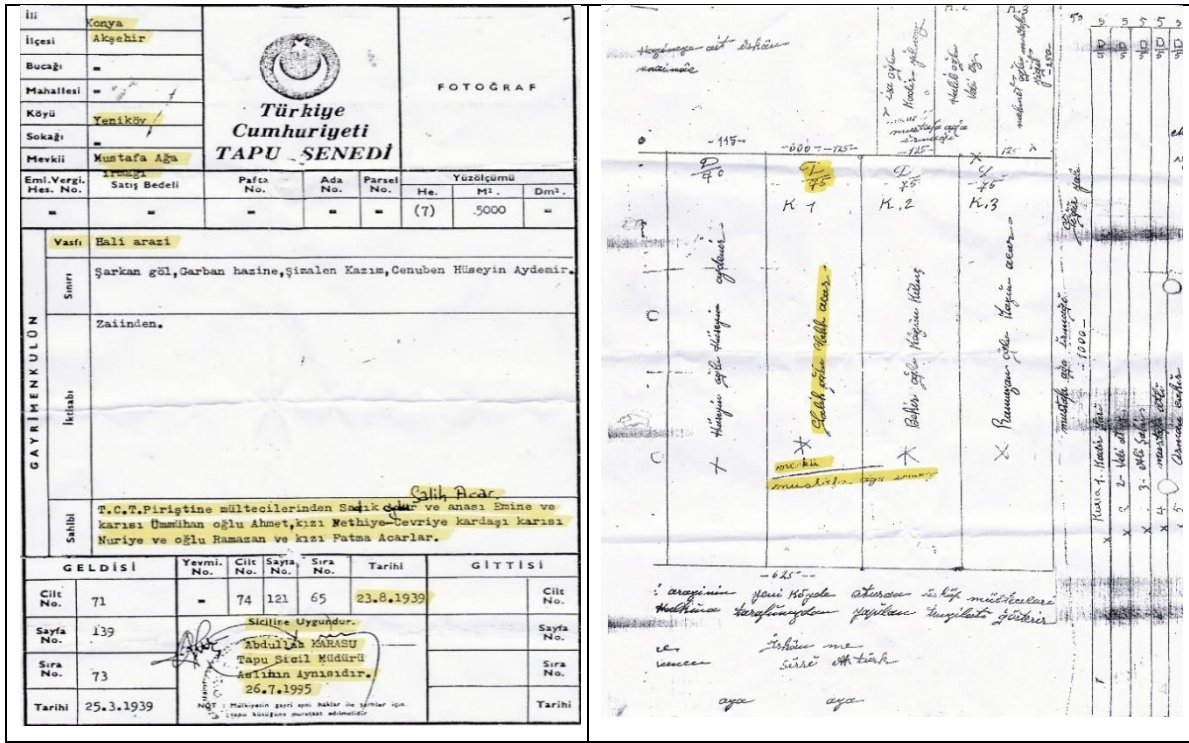
Belgesi (Şekil 5) ile ‘dağıtım’ işlemine konu edilmiş; kamu mülkiyetinden özel mülkiyete dönüştürülmek suretiyle Devlet tasarrufuyla tescile konu edilmiş bir arazidir (Şekil 4).



Şekil 3. Akşehir İlçesi- Yeniköy Mahallesi'nde farklı zamanlarda geçirilen göl kıyı kenar çizgileri ile kadastru sınırı ve örnek taşınmazın konumu ilişkisi.



Şekil 4. Örnek taşınmaz ile 'bu taşınmazın komşuluğunda olup kadastru çalışmalarına konu edilen' 506 nolu parselin konumsal durumu ve mekânsal kullanımına ilişkin 2019 yılı görüntüleri.



Şekil 5. Çalışma konusu taşınmaza ait Tapu Belgesi ve Dağıtım Esas Yer Teslim Krokisi belgeleri.

Çalışma konusu örnek taşınmaz, sahip olduğu mekânsal verileri itibarıyla kurumsal arşivlerde yer alan haritalar-belgeler ile işlem tarihinde yürürlükte olan hukuki mevzuatlar ilişkisinde incelendiğinde,

- taşınmazın devletin hüküm ve tasarrufu altındaki gölalanı içerisinde yer aldığı;
- 4721 sayılı Medeni Kanunun öngördüğü pafta-zemin uyumunu sağladığı;
- önce Devlet eliyle 'tespit' ve sınırlandırma krokisine bağlamak, sonrasında soydaş aileye 'tapuya tescil edilmek' suretiyle verilerek 'yürürlükteki hukuki mevzuata uygun olarak' mülkiyet hakkı tesis edildiği,

görülmüştür. Dolayısıyla, taşınmaz üzerinde bugün yaşatılan mülkiyet sorununun soydaş aileden kaynaklanmadığı, zaman içerisinde oluşan coğrafi ve kabul edilen yönetsel şartlar çerçevesinde yerini bulan kurumsal çalışmalardan kaynaklandığı açıktır.

Tapu sicilleri, 4721 sayılı Medeni Kanunu'nun 7. maddesinde düzenlenmiş ve içeriğinin doğruluğu herkes tarafından olarak kabul edilen, devlet tarafından tutulan resmi sicillerdir. Bu nedenle, bu sicillerdeki bir kayda güvenen kişilerin bu güvenleri korunmakta ve buna 'tapuya güven ilkesi' adı verilmektedir. Aynı Medeni Kanununun 1023. maddesine göre ise 'tapu kütüğündeki tescile iyi niyetle dayanarak mülkiyet veya bir başka aynı hak kazanan üçüncü kişinin' bu kazanımı korunmaktadır.

Ancak bu konuda ilgili kamu idareleri, Yargıtay Hukuk Genel Kurulunun "Kamu malı niteliğindeki taşınmazlarda tapu siciline güven ilkesinin geçerli olmayacağı, tescile tabi olmayan (özel mülkiyete konu edilemeyecek) bir taşınmaz hakkında sicil oluşturulması bu yerin hukuksal durumunu ve kamu malı niteliğini değiştirmeyeceği, bu gibi yerler için alınan tapu kayıtlarının hukuken değer taşımayacağı" yönünde kararını (27.2.1980, E: 1980/1-967, K: 1980/1365) ilgi tutarak bir taraftan taşınmaz hakkında 'tapu iptali' davası açarken, diğer taraftan da 'malik sıfatı ile taşınmazını kullanan kişiye 'kamu malını işgal ettiği' gerekçesiyle 'taşınmazı kullanım (ecri misil) bedeli' tahakkuk ettirmektedir. Hâlbuki aynı hukuk sistemimiz, 4721 sayılı Medeni Kanununun 1007. Maddesinde yer alan "Tapu sicilinin tutulmasından doğan bütün zararlardan Devlet sorumludur. Devlet, zararın doğmasında kusuru bulunan görevlilere rücu eder. Devletin sorumluluğuna ilişkin davalar, tapu sicilinin bulunduğu yer mahkemesinde görülür." ifadesiyle "taşınmazına ait tapu sicili kaydı 'kamu malı olduğu' gerekçesiyle iptal edilen" ya da "kendi arazisini kullanırken 'kamu malını işgal eden' durumuna düşen" kimselerin bu kanun maddesine dayanarak dava açabileceğini; çünkü geçmişi kamu malı olan böylesi taşınmazların devlet tarafından tapu sicilinde 'adlarına tescil edilmek' suretiyle kamu mülkiyetinden özel mülkiyete dönüştürüldüğünü" kabul etmektedir.

Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi'nin bu konudaki görüşü ise, “taşınmaz maliki iyi niyetli olduğu sürece, taşınmazın bedel ödenmeksizin tapusunun iptal edilmesinin mülkiyet hakkına aykırı olduğu” yönündedir (Şimşek, 2010).

## SONUÇ

Çalışma konusu örnek taşınmazın, sahip olduğu mekânsal verileri itibarıyla devletin hüküm ve tasarrufu altındaki alanlardan olduğu ve gölalanı içerisinde kaldığı kesindir. Ancak aynı taşınmazın, önce yürürlükteki bir kanun gereğince devlet eliyle ‘tespit’ ve sınırlandırma krokisine bağlanmak, sonrasında soydaş aile adına ‘tapuya tescil edilerek tapu belgesi düzenlenmek’ suretiyle özel mülkiyet hakkı tesis edildiği; soydaş ailenin bu taşınmazı 23.08.1939 tarihinden günümüze kadar ‘tartışmasız-nizasız kendi mülkü olarak’ ve 4721 sayılı Medeni Kanunun öngördüğü pafta-zemin uyumunu sağlayarak kullandığı da ayrı bir gerçektir. Bu durumda, mevcutta yaşanan kıyı kenar çizgisi-mülkiyet ilişkisi sorununun soydaş aileden kaynaklanmadığı, zaman içerisinde oluşan coğrafi ve kabul edilen yönetsel şartlar içerisinde ifade edilebilecek kurumsal çalışmalardan kaynaklandığı açıktır.

Bu bağlamda, çalışma konusu örnek taşınmazın özelinde ama aynı içerikte ‘tapu iptali’ ve ‘mülkiyeti kullanım’ sorunu yaşanan kıyı alanlarında,

- yürürlükteki hukuki mevzuatta yer alan kanun ve uygulama yönetmeliklerinin birbiriyle ilgili/etkileşimli kısımlarında iyileştirme amaçlı düzenlemeler yapılması;
- aynı saha üzerinde yönetim sergileyen sorumlu kamu idarelerinin işbirliğinde, donanımlı ve konusunda uzman saha ekipleri tarafından kıyı kenar çizgisi ve gerekliyse SİT sınırının bilimsel veriler kullanılarak geçirilmesinin sağlanması;
- sorumlu kadastro ve tapu idareleri tarafından, onaylı kadastro haritalarının zemine uygulanmak suretiyle pafta-zemin uyumunun kontrol edilmesi ve taşınmazların mekânsal kullanım tespitlerinin yapılması; bu çalışma özelinde olduğu üzere, sahada geçmiş tarihlerde farklı uygulamalar (toprak dağıtım çalışması, orman sınırları dışına çıkarma işlemi, vb.) yapılmış ise bu uygulamalara ilişkin tespit ve yenileme/güncelleme çalışmaları yapılarak kıyı kenar çizgisi içerisinde kalan taşınmaz ya da taşınmaz parçalarının kayıt altına alınması;
- özel mülkiyet elinde olup, kıyı kenar çizgisi itibarıyla ‘devletin hüküm ve tasarrufu altındaki’ alanlara dönüştürülmesi gereken taşınmazların ‘4650 sayılı Kanunla değişik 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu’ uygulamasına konu edilerek kamulaştırılması ya da bir başka adresteki hazine parseli ile takas yapılması, uygun olacaktır.

## KAYNAKLAR

- Şimşek S 2010. Kıyılarda mülkiyet sorunu: Avrupa İnsan Hakları Mahkemesinin iptal kararları ışığında bir çözüm önerisi. Sayıştay Dergisi, Sayı:77, s. 87-117.
- T.C. Resmi Gazete. 2510 Sayılı İskân Kanunu, (2733), 21.06.1934.
- T.C. Resmi Gazete. 2709 Sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, (17863), 09.11.1982.
- T.C. Resmi Gazete. 3402 Sayılı Kadaastro Kanunu, (19512), 21.06.1987.
- T.C. Resmi Gazete. 3621 Sayılı Kıyı Kanunu, (20495), 04.04.1990.
- T.C. Resmi Gazete. 4721 Sayılı Medeni Kanunu, (24607), 22.11.2001.
- URL-1, <http://www.turkiyesulakalanlari.com/aksehir-ve-eber-golleri/> (Erişim Tarihi: 17.05.2020)
- URL-2, <https://www.trthaber.com/haber/turkiye/yagislar-aksehir-golune-can-suyu-oldu-370325.html> (Erişim Tarihi: 17.05.2020)
- URL-3, [https://tr.wikipedia.org/wiki/Akşehir\\_Gölü](https://tr.wikipedia.org/wiki/Akşehir_Gölü) (Erişim Tarihi: 17.05.2020)
- Uzun B, Çelik N 2012.Evaluation of Turkish Coastal Area Management Policy in View of the Decisions Taken by the European Court of Human Rights. 2nd International Congress on Urban and Environmental Issues and Policies, 4-6 Mayıs 2012, Trabzon.



## Kıyı kenar çizgisi- mülkiyeti kullanım ilişkisinde yaşanan sorunlar: Bodrum örneği

Halil Burak Akdeniz\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9504-051X>), Şaban İnam (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9101-6109>)

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği, Konya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: hbakdeniz@ktun.edu.tr

### Özet

Dört ayrı denize kıyısı olmasından dolayı zengin kıyı ve deniz varlığına sahip olan Türkiye, gerek coğrafi gerekse geo-stratejik unsurları içerisinde tüm dünya tarafından dikkat çekmektedir. Ancak bir taraftan yürürlükte olan kıyı mevzuatımızdaki yetersizlikler ve sıkça yapılan yasal değişiklikler; diğer taraftan merkezi ve yerel yönetim unsurlarının idari denetim ve yaptırımlardaki yetersizlikleri, kıyı yönetiminde ‘karar alma, planlama yapma ve uygulamaya koyma’ konusunda hatalı uygulamalar gibi nedenler ile bu zenginliğimizi bilinçli kullandığımızı söylemek olanaksızdır. Türkiye’de Anayasa ve Medeni Kanun başta olmak üzere, yasal mevzuatımıza göre kıyılar devletin hüküm ve tasarrufu altındadır. Bu nedenle, böylesi yerler özel mülkiyete konu edilemeyecek ve bu yerlerden yararlanmada kamu yararının gözetilmesi esas alınacaktır. Ancak bu durum, uygulamada önemli bir mülkiyet sorunu olma özelliğini korumakta ve yargıyı hep meşgul etmektedir. Bu çalışmanın amacı, Türkiye kıyılarında yaşanan mülkiyet sorunlarının kentsel ve kırsal alan özelinde neler olduğunu örnek olay tespitleriyle ortaya koyup, çözümsel öneriler geliştirmektir. Bu kapsamda Muğla ili, Bodrum ilçesine bağlı mahallelerde farklı kıyı alanları belirlenmiş; bu yerlerdeki kıyı kenar çizgisi-mülkiyet ilişkileri arşive esas kadastro haritası, hâlihazır haritası ve imar planı altlıkları kullanılmak suretiyle konumsal analiz ve sorgulamalar yapılarak sonuçlar yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kıyı kenar çizgisi, Kıyı yönetimi, Arazi yönetimi, Mülkiyet hakkı

### The problems in the relationship of shore border line - ownership: the case of Bodrum

#### Abstract

Turkey which has four separate sea with the rich coastal and marine assets, attracts attention from all over the world in terms of both geographical and geo-strategic elements. However, on the one hand, the inadequacy and frequent legislative changes in Turkey's coastal legislation; On the other hand, it is not possible to say that we use this wealth consciously because of the insufficiency of central and local government in administrative sanctions and improper practices for decision making, planning and implementation in coastal management. According to the Turkey's Constitution and the Civil Code, Turkey coasts are under the supervision and saving of the state. Therefore, the coasts cannot be subject to private ownership and public benefit will be taken into consideration in benefiting from the coasts. However, this event remains an important problem in practice and always keeps the judiciary busy. The aim of this study was to explained with examples of events experienced Turkey's property issues and develop recommendations on concerning Turkey's coasts. In this context, different coastal areas have been determined in the Muğla Province, Bodrum District and then shore border line - ownership relations were explained using cadastral map, base map and zoning plan , and the results were interpreted by spatial analysis and queries.

**Keywords:** Shore border line, Coastal management, Land management, Property right

### GİRİŞ

Kıyı bölgeleri sunmuş olduğu imkânlar ile insanlık tarihi boyunca en çok tercih edilen yerler olmuştur. Duru (2003: 18) “Amerika dışında günümüz uygarlığının başlangıcı sayılan dört önemli uygarlığın Sümer, Mezopotamya, Hint ve Çin tohumlarının atıldığı yer nehir kenarlarıdır” ifadesiyle de bu alanların önemine dikkat çekmiştir. Dünya Bankası verilerine göre, günümüzde dünya nüfusunun %60’ından fazlası kıyı alanlarında yaşamaktadır.

Dünya nüfusu gibi Türkiye nüfusunun da önemli bir çoğunluğu kıyı alanlarında yaşamaktadır. Etkileşimin bu denli yüksek, sınırlı ve arttırılmaz bir kaynak olan kıyılarımız, T.C. Anayasası ve yürürlükte olan yasal mevzuatlar ile hukuken koruma altına alınmıştır. Kıyıların, Anayasada öngörülen kamu yararı amacıyla kullanımı için öncelikle kıyı, kıyı kenar çizgisi ve kıyı alanı kullanımının belirlenmesi ve kıyı yönetimi kapsamında sürdürülebilir kılınması gerekmektedir. Kıyı ve kıyı kenar çizgisinin (KKÇ) belirlenmesi, bu çalışmayı yapacak teknik komisyonun sağlıklı bir şekilde önce tespit sonra uygulama yapması ile mümkündür. Bu teknik çalışma, hem kıyıların (kıyı çizgisi, kıyı kenar çizgisi ve kıyı alanı olarak) belirlenmesi hem de kıyı ile özel ya da kamu mülkiyetinde bulunan yerlerin sınırını kayıt altına alması bakımından temel belirleyicidir. Dolayısıyla, kıyı kenar çizgisi - mülkiyet ilişkilerinin belirlenmesi için kıyı kenar çizgisinin bilimsel veri ve tekniklere göre belirlenmesi önem arz etmektedir (Solmaz, 2017).

Kıyı kullanımında öncelik, kamu yararının gözetilmesidir. Ancak, Türkiye’de kıyıların kamu yararına kullanımı konusunda yaşanan sorunlar vardır. Yaşanan süreçte;

- kıyı mevzuatının ilgili kişi ya da kurumların menfaatlerine göre yorumlanmasından kaynaklı kıyı yönetiminin yeterli düzeyde sağlanamaması,
- Türkiye’nin jeolojik olarak her türden kıyı yapısına sahip olmasına karşın, çalışmadan sorumlu teknik komisyonların benzer özelliğe sahip kıyılarda farklı KKÇ tespitleri yapması,
- valilik ve belediyelerin güncel kıyı kenar çizgisine sahip halihazır haritalara sahip olmaması, bu haritaları altlık olarak kullanan fiziki planlamaların ve uygulamaların hatalı olması,
- komisyonda görev alan sorumluların ve kurumsal yetkililerin yeterli bilgi ve donanımına sahip olmaması,

kıyı kenar çizgisi - mülkiyet ilişkisi sorunlarına sebep oluşturmaktadır. Ancak, bu sorunların dışında olup çalışmamıza konu başlığı olan öylesi bir ana sorun vardır ki; o da kıyılarda yaşanan mülkiyet sorunlarıdır.

Ülkemizde kıyı kenar çizgisi tespitlerinin zamanında ve nitelikli olarak yapılmamış olması nedeniyle kadastro tespitleri sırasında bilimsel esaslara göre kıyıda kalan taşınmazların özel mülkiyet konusu edilerek tapu sicilinde tescil edildiği ve sahibi adına mülkiyet hakkı oluşturduğu; ancak daha sonrasında ‘kamu yararı amaçlı kullanım’ sağlamak amacıyla tapularının iptal edilmesi yoluna gidilmesi başlıca sorun oluşturmaktadır ( Sağ ve Yıldırım, 2011). Burada, “kıyılarda özel mülkiyet hakkı tesis edilip edilmeyeceği” ya da “daha önceden kıyı alanlarında hukuk düzeni tarafından tanınmış mülkiyet hakkının tapu iptal davaları aracılığıyla kamu gücü tarafından ortadan kaldırılmasının kamu yararı ve bireysel yarar arasında ne türden çatışmalar çıkarabileceği ve iki menfaat arasında nasıl bir uzlaştırma sağlanacağı” şeklindeki sorular, günümüzde halen yaşanan sorunlara temel oluşturmaktadır (Aşan ve Akkaya, 2014; Akça, 2004). Zira,

- gerek Osmanlı Devleti döneminde, gerekse Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşundan 1972 yılına (24.07.1972 tarih ve 1972/18 karar sayılı Anayasa Mahkemesinin kararı gereğince 1961 Anayasası değişikliği ve 11.07.1972 tarih ve 1605 sayılı 6785 sayılı İmar Kanununda Bazı Değişiklikler Yapılması Hakkında Kanunun kabul edilmesine) kadar olan dönemde yürürlükte olan mevzuata göre kıyıların özel mülkiyete konu olabilmesi mümkün kılınmış ve bu yerler için devlet güvencesinde tapu kaydı oluşturulmuş iken,
- günümüzde böylesi yerlerin ‘kamulaştırma yapılmak suretiyle kamu mülkiyetine aktarılmasının sağlanması’ yerine tapu kayıtlarının iptali için T.C. Maliye Hazinesi tarafından ‘tapu iptali davası’ açılması,

ülke gündemini halen meşgul etmektedir. Tapu kayıtlarının kamulaştırma yapılmadan iptal edilmesi Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi (AİHM) tarafından da mülkiyet hakkına aykırı bulunmuş; Yargıtay 1. ve 4. Hukuk Daireleri de içtihatlarını değiştirerek “kıyıda kalması nedeniyle kullanımı iptal edilen taşınmazlar için taşınmaz malikine tazminat ödenmesine” karar vermişlerdir (Şimşek, 2010).

Türk Hukuk Sisteminde yerini bulan mevzuat hükümleri kıyı alanlarının kullanımı konusunda yeterli yasal altlık oluşturmaktadır. Örneğin, 1982 yılı T.C. Anayasası’nın 43. maddesi “*Kıyıların devletin hüküm ve tasarrufu altında olduğunu, deniz, göl ve akarsu kıyılarıyla, deniz ve göllerin kıyılarını çevreleyen sahil şeritlerinden yararlanmada öncelikle kamu yararı gözetileceğini*”, Türk Medeni

Kanunu 715. maddesi “*Sahipsiz yerler ile yararı kamuya ait malların devletin hüküm ve tasarrufu altında olup hiçbir şekilde özel mülkiyete konu olamayacağını.*” ve 1007. maddesi “*tapu sicilinin tutulmasından doğan bütün zararlardan devletin sorumlu olduğunu*” ifade ederken; kıyı alanlarında uygulamayı yönlendiren 3402 sayılı Kadastro Kanunu (16/c maddesi), 5393 sayılı Belediye Kanunu (79. maddesi), 3621 sayılı Kıyı Kanunu (5 ve 6. maddesi), Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmelik (5. maddesi) “*kıyılarda özel mülkiyetin söz konusu olamayacağını ve bu yerlerin tescil edilmek suretiyle özel kullanıma konu edilemeyeceğini*” belirtmesine karşın, uygulamada muhtelif mülkiyet sorunları hala yaşanmaya devam etmektedir (Turoğlu, 2009).

Bu çalışmada, Muğla ili, Bodrum ilçesine bağlı mahallelerin kıyı alanları örneklem olarak belirlenmiş, bu alanlarda kıyı kenar çizgisi – mülkiyet ilişkisi ve taşınmaz kıyıda kalan maliklerin mahkeme tarafından verilmiş yargı kararları irdelenmiştir. İlgili harita altlıkları ve web tabanlı uygulama ile konumsal analiz ve sorgulamalar yapılarak sonuçlar yorumlanmış, kıyıda yaşanan mülkiyet sorunlarına çözüm önerileri geliştirilmiştir.

## **MATERYAL VE METHOD**

Bu çalışmada, ülkemizin 1480 kilometre ile en uzun kıyı şeridine sahip Muğla ilinin, gözde turizm merkezlerinden olan Bodrum ilçesine bağlı Geriş ve Bitez mahallelerinde kıyı kenar çizgisi-mülkiyet ilişkisi, kıyı işgalleri ve var olan kadastro sorunları irdelenmiştir. Bu alanlarda inceleme ve değerlendirme yapabilmek için öncelikle; büyük ölçekli kadastro haritaları Kadastro Müdürlüğünden, taşınmazlara ilişkin mülkiyet bilgileri Tapu Müdürlüğünden, kıyı kenar çizgisi tespitine ilişkin veriler Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünden temin edilmiştir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)- Parsel Sorgulama Sisteminden ilgili parsellerin sorgulaması yapılmış, var olan sorunları görselleştirmek adına ilgili kıyı alanlarının yerinde güncel fotoğrafları çekilmiştir. Kıyı alanlarında yaşanan sorunlara alternatif çözümler üretebilmek için, yürürlükte olan 3621 sayılı Kıyı Kanunu ve Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmelik hükümleri, 3402 sayılı Kadastro Kanunu ve Bütünleşik Kıyı Alanları Yönetimi (BKAY) yükümlülükleri ve Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi (AIHM) kararları dikkate alınarak öneriler getirilmiştir.

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

Kıyı kenar çizgisi - mülkiyet ilişkilerinde, ülkenin farklı coğrafyalarında ve kendi özelinde yaşanan çeşitli sorunların olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada Muğla ili, Bodrum ilçesi sınırları içerisinde yaşanıp; kurumsal tespitler ile kayıt altına alınan örnekler üzerinde değerlendirmeler yapılacaktır.

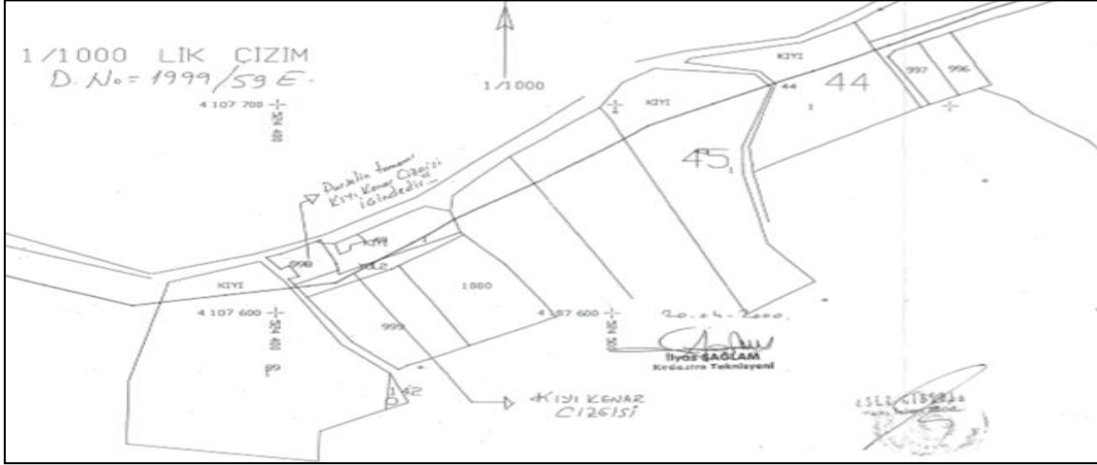
### **a. Muğla ili, Bodrum ilçesi, Geriş mahallesi, Yaka mevkiinde yer alıp kıyı kenar çizgisi içinde kalan parselin ‘kumsal alan olarak tescil harici bırakılması’ konusunun değerlendirilmesi**

Muğla ili, Bodrum ilçesi, Geriş mahallesi, Yaka mevki adresinde bulunup, tapu sicilinde ‘4 pafta - 998 parsel’ olarak özel mülkiyet adına kayıtlı taşınmaz “*taşınmazın kıyı kenar çizgisi içinde kalması nedeniyle tapu kaydının iptal edilmesi, kumsal/kıyısız alan olarak tescil harici bırakılması*” istemiyle yargılamaya konu edilmiştir.

Tapu sicilinde yapılan incelemede, ‘53 numaralı kök/ana parselin ifraz edilmesi’ neticesinde 998, 999 ve 1000 numaralı parsellerin oluştuğu ve 13.12.1990 tarih-4677 yevmiye numarası ile tapuya tescil edildiği görülmüştür. Bunlardan 1000 numaralı parselin imar planı uygulamasına konu edilerek 106 ada - 4 parsel dönüşürken (Resim 1.a), 998 numaralı parselin ‘09.01.1987 tarihinde onanan kıyı kenar çizgisi’ içerisinde kaldığı gerekçesiyle ‘tapu iptali’ davasına konu edildiği; bu mülkiyet sorununun yargılama sürecinde alınan teknik bilirkişi raporunda da konumsal olarak ifade edildiği; sadece davaya konu olan 998 numaralı parselin değil, bölgedeki birçok parselin ‘bir kısmının veya tamamının kıyı alanında kaldığı (Şekil 1, Resim 1.b)’ görülmüştür.

Bilirkişi raporunda ortaya konulan teknik değerlendirmeler eşliğinde verilen yargı kararı neticesinde, 998 numaralı parselin kamulaştırma bedeli ödentisi mülk sahibine yapılarak tapusu iptal edilmiş, devletin hüküm ve tasarrufu altına alınmıştır. Taşınmaz sahibi yargının bu kararına “*kıyı kenar çizgisi tespit komisyonunun hiçbir doğal ve bilimsel verileri dikkate almadan ve sonradan açılan karayoluna*

dayalı bir kıyı kenar çizgisi tespiti yaptığını, dava konusu yerde mülkiyetlerinde olan 80 yıllık 'yağhane' binasının bulunduğunu" ifade ederek itiraz etmiştir. Bu çalışma kapsamında yerinde yapılan tespitlerde "yağhane binası ile birlikte komşuluk ilişkisindeki diğer yapıların da hala kıyı alanında varlığını koruduğu ve eski mülkiyeti kullanım şekillerinin devam ettiği, yargı kararının zemine uygulanmadığı ve kıyı alanının boşaltılmadığı" görülmüştür (Resim 1.b).



Şekil 1. Dava konusu 998 nolu parsel ve kıyı kenar çizgisinin 1/1000 ölçekli mülkiyet haritasında gösterimi.



Resim 1. Uygulama sahasındaki 1000 nolu parsel (yeni 106 ada- 4 parsel) ve komşuluğunda olup kıyı alanında (karayolunun deniz tarafında) kalan taşınmazların uydu haritası (a) (TKGM-Parsel Sorgu Sistemi) ile kıyı alanında kalan 998 nolu parsel üzerindeki yapı ve tesislerden bir görüntü (b) (2019).

Yapılan değerlendirmelerde, burada yaşanan asıl sorunun bir 'kıyı alanı planlama ve yönetimi sorunu' olduğu görülmüştür. Hukuk sistemine göre kıyı alanlarından yararlanmada, kamu yararı önceliklidir. Dolayısıyla kamu yararına olmayan herhangi bir kullanımın kıyıda yer alması mümkün değildir. Yağhane binası, konunun özelinde bir detaydır. Tarihi bir geçmişi ve korunmaya değer niteliği varsa eğer, 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu uyarınca 'tescil edilmek' ve Kültür Varlıkları Koruma Kurulu tarafından 'kullanım şekli' belirlenmek suretiyle, örneğin Kültür ve Turizm Bakanlığı'na tahsisli bir müzeye dönüştürülerek 'kamu yararı amaçlı kullanım sürekliliği' sağlanabilir. Nitekim yerelden alınan bilgiler de, "bu yerin 2012 yılında sanat galerisine dönüştürülmesinin gündeme gelmiş olmasına rağmen henüz somut bir gelişme olmadığı" yönündedir.

Bu bağlamda, yağhane binasının hala kıyıda bulunmasının teknik ve kültürel anlamda sakınca oluşturmadığı, ancak diğer taşınmazlar için yargı kararının mutlak uygulanması ve kıyı alanının kamu yararı amaçlı boşaltılması gerektiği; bu sürecin takibinin yerelde yürütmeden sorumlu idarelerin 'kurumlar arası diyalog' halinde yapmasının şart olduğu söylenebilir.

## b. Muğla İli, Bodrum İlçesi, Geriş Mahallesi, Kavak Mevkiinde bulunan parselin kamusal alana terki

Muğla ili, Bodrum ilçesi, Geriş mahallesi, Kavak mevkiinde bulunup, tapu sicilinde ‘4 pafta-4 parsel’ olarak özel mülkiyet adına kayıtlı taşınmaz, 06.12.2010 tarih ve 97 sayılı belediye meclis kararı ile onaylanan 1/1000 ölçekli uygulama imar planında “kısmen turizm tesis alanı, kısmen yol, kısmen yeşil alanda” kalmaktadır. Tapu sicilinde 10.176,08m<sup>2</sup> yüzölçümü ve ‘tarla’ niteliği ile kayıtlı olan 4 numaralı parsel, 3194 sayılı İmar Kanunu 15 ve 16. maddeleri kapsamında ‘parsel malikinin talebine bağlı’ imar planı uygulaması işlemine konu edilmiş; belediye encümeninin 03.07.2012 tarih ve 179 sayılı kararı gereğince “(A) ile gösterilen 289,77m<sup>2</sup> kıyı alanı, (B) ile gösterilen 1218,32m<sup>2</sup> park/yeşil alanı, (C) ile gösterilen 1774,53m<sup>2</sup> yol alanı olarak ‘bedelsiz kamuya terk’ ettirildikten sonra geriye kalan ve (D) ile gösterilen 6893,46m<sup>2</sup> yerin ‘arsa’ vasfı ile parsel sahibi adına tapuya tesciline” karar verilmiş; (D) ile gösterilen yeni durum tapu sicilinde “120 ada- 1 parsel” olarak tescil edilmiştir (Şekil 2.a, b.)

Yapılan bu imar uygulamasına ilişkin belediye encümen kararında, (A) ile gösterilen 289,77m<sup>2</sup> yer için herhangi bir ‘nakdi ya da aynı tazmin kararı’ verilmeden kıyı alanına ‘bedelsiz terk’ yaptırıldığı görülmüştür. Böylesi “kıyı alanlarında hukuk düzeni tarafından tanınmış mülkiyet hakkının yapılan imar uygulaması aracılığıyla kamu gücü tarafından ortadan kaldırılması” işleminin doğru olmadığı görülmüştür. Böylesi bir kurumsal yaklaşım, ‘kamu yararı ve bireysel yarar arasında dengeyi sağlayıp-sağlamadığı’ ve ‘imar uygulama mevzuatının doğru olarak uygulanıp-uygulanmadığı’ hususunu tartışmaya açmak suretiyle “mülk sahiplerinin devlete olan güven duygusunun azalmasına, haksızlıkların artmasına ve etik olmayan bir toplumun oluşmasına” neden olacaktır. Burada yaşanan sorunun, ‘kamu erkinin tek yönlü ve belediye lehinde işletilmesi’ yanında ‘kıyı alanı planlama ve yönetimi sorunu’ olduğu görülmüştür.



Şekil 2. Parselin imar uygulamasına ilişkin kesin ölçü krokisi (a) ve TKGM-Parsel Sorgu Sisteminden görüntüsü (b) (2019).

## c-)Muğla İli, Bodrum ilçesi, Bitez Mahallesi kıyı alanı işgali

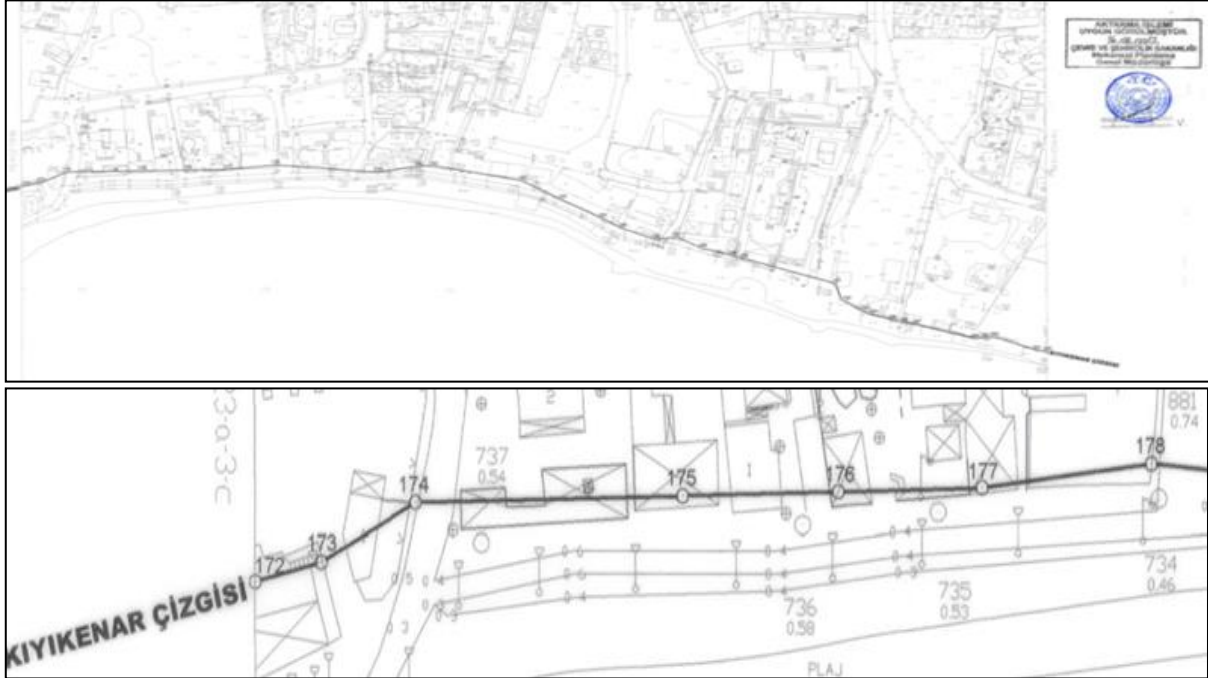
Bodrum ilçesi, Bitez mahallesine ait N18-c-23-b-4-d pafta isimli 1/1000 ölçekli hâlihazır haritasında (Şekil 3) ve kıyı alanı kullanım görüntüsünde (Resim 2) görüldüğü üzere, tamamı özel mülkiyet kullanımında olan parseller ile üzeri yapı ve tesislerin bir kısmının “kıyı kenar çizgisi içerisinde, yapılaşmaya kapalı olan kıyı alanı içerisinde” kaldığı görülmektedir. Çalışmaya konu edilen bu yerin Türkiye turizmine ev sahipliği yapan gözde adreslerden birisi olduğu dikkate alınır, (a) ve (b) maddelerinde belirtilen uygulama örneklerinin münferit olarak seçilmiş örnekler olmadığı görülecektir. Çalışma sahasındaki kıyı alanının birbirinden farklı olmayacak şekilde ama özel mülkiyet ağırlıklı işgal edildiği; kıyı mevzuatında ifade edilen hükümler ile kamu yararının geniş bir toplum kesimi tarafından yok sayıldığı” tespiti yapılmıştır.

Bu bağlamda, yaşanan sorunun ‘kıyı alanı planlama ve yönetimi sorunu’ olduğu; yürütme ve yargı erklerini yerelde temsil eden kamu kurumları ile toplumsal otokontrolü sağlamadaki etkinliği

önemsenen sivil toplum kuruluşlarının (STK) mekânsal kullanımı denetlemede yetersiz kaldıkları söylenebilir.

## SONUÇ

Bugün Türkiye nüfusunun önemli bir kısmı kıyı alanlarında yaşamaktadır. Kıyılarda nüfus yoğunluğunun diğer alanlara göre nispeten daha fazla olması; başta doğal kaynakların kullanımı, çevre üzerinde oluşan baskılar, şehirlerin planlamasında yaşanan sorunlar ve etkin bir kıyı yönetim gibi konular bakımından çeşitli sorun alanları oluşturmuştur. Kıyı bölgelerinin açık ve kesin tanımını yapmak, bu bölgelerin kullanımına ilişkin yöntemler belirtmek, kıyı bölgelerinde yapılabilecek fiziksel değişikliklere ilişkin önlemler almak bu sorunların çözümü konusunda önemli bir adım olacaktır ( Yücel, 2008).



Şekil 3. Muğla ili, Bodrum ilçesi, Bitez mahallesine ait 1/1000 ölçekli hâlihazır haritasında kıyı alanı kullanımı ve kıyı kenar çizgisi ilişkisinden bir kesit.



Resim 2. Muğla ili, Bodrum ilçesi, Bitez mahallesinde taşınmazların kıyı alanı kullanımından bir görüntü (2019).

Kıyılar, kamu yararına kullanılması gereken yerler iken; ucu açık kanunlar ve yetkili/sorumlu kurumların koordinasyon eksikliklerinden kaynaklanan sıkıntılardan dolayı kıyılarda ‘işgal altında mülkiyet’ kavramı ortaya çıkmıştır. Örnek seçilen yerler özelinde ama ilçe idare sınırları genelinde kıyı alanları büyük bir işgale maruz kalmıştır. Kamu yararına bırakılan alanlar oldukça azdır. Kıyılardan yararlanma ile ilgili adli dava dosyalarının sayısı giderek artmaktadır. Kıyı alanlarında yaşanan planlama, uygulama ve yönetsel sorunları aşmak amacıyla çeşitli yasal düzenlemeler

yapılmıştır. Ancak her yeni düzenlemede farklı yan/etkileşimli uygulamalara gidildiği, sorunlara çözüm getirmek yerine bunlara yenilerinin eklendiği görülmüştür. Gerekli toplumsal bilinç ve sağduyu sağlanmadığı takdirde, kıyıların tamamen kamu yararı amaçlı kullanımından çıkıp, sağlıksız bir ortama dönüşeceği açıktır.

Kıyılar, hem günümüzde hem de gelecek toplumlar için önem arz ettiğinden; kurumsal düzeyde ve mekânsal planlamalar eşliğinde ‘sürdürülebilir bütünlük kıyı alanları yönetimi (BKAY)’ politikaları uygulanmalıdır. BKAY her ne kadar bütüncül bir yönetim anlayışı ile kıyı alanlarını yönetmek için bir araç olarak nitelenebilirse de, Türkiye’de kıyı alanlarının yönetiminde asıl sorunun planlamadan kaynaklanmadığı, uygulama ve denetleme aşamasında ortaya çıkan yetersizliklerin yönetsel sorunları oluşturduğu değerlendirilmektedir (Özçelik, 2017; Solmaz, 2017; Duru, 2003).

Kıyı alanları yönetimi politikaları bilimsel temelli uygulanmadığı takdirde, mekânsal kullanımda toplumsal eşitsizlik baş gösterecek, kıyılar belli bir kesime hitap etmeye başlayacak, bu da ayrı bir sosyolojik soruna neden olacaktır.

Kıyı alanlarının kullanımında bütüncül bakış açısı altında, farklı bilim ve disiplinlerle çalışma ortamları oluşturulmak üzere;

- daha öncesi tarihte ve hukuka uygun olarak kazanılmış mülkiyet hakkı sebebiyle kıyıda taşınmazı kalan mülk sahiplerine tapu iptal davası açılması yerine, ilgili kurumlar tarafından bu yerlerin kamulaştırma çalışmalarına konu edilmesi sağlanmalıdır.
- kıyı kenar çizgisi ile kadastro/tapulama sınırı ilişkilendirmesi sağlanmalı, uyumsuzluğun olduğu yerlerde kurumlar arası çalışma programları oluşturulmak suretiyle sorun giderilmelidir.
- yargılamaya konu edilen kıyı alanlarında ‘yargı kararı ile KKÇ geçirme’ işlemine son verilip, böylesi mülkiyet sorunu olan yerlerde Bakanlığın KKÇ geçirme ya da yenileme çalışması yapması sağlanmalıdır.
- kıyıların kullanımı ve sahiplenilmesinde yetki karmaşasını gidermek adına ‘sürdürülebilir bütünlük kıyı alanları yönetimi (BKAY)’ görevinden sorumlu idari bir birim oluşturulmalı; bu birim altında ilgili bütün kurumların işbirliği ve koordinasyonu sağlanmalı; bu birimin sorumluluğunda ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerinden yararlanılmak suretiyle “kıyı alanları ile ilgili verilerin toplanması, saklanması, mekânsal analizlerin yapılması ve kullanıcıya sunulması” sağlanmalıdır (Sesli ve Ark., 2006).
- kıyı alanı kullanımı ile ilgili denetim görevi mülki idare sorumluluğuna verilmeli, denetimin yerindeliğine katkı sağlamak üzere görev yapabilecek ve toplumun çeşitli kesimlerini temsil edecek yerel kuruluşlardan ya da gönüllü sivillerden hizmet alınmalı, halkı bilinçlendirmek üzere eğitimler düzenlenmelidir.

## **KAYNAKLAR**

- Akça N 2004. Kıyı kenar çizgisinin belirlenmesi ve uygulama sorunları, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Teknik Araştırma ve Uygulama Genel Müdürlüğü.
- Aşan C, Akkaya MA 2014. Kıyı alanlarındaki kentsel rantın “ kamu yararı” amaçlı kullanımına ilişkin değerlendirmeler. 8. Kıyı Mühendisliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı, ss.413-422.
- Duru B 2003. Kıyı politikası, kıyı yönetiminde bütünlük yaklaşımlar ve ulusal kıyı politikası. Mülkiyeliler Birliği Vakfı Yayınları No 29, Tezler Dizisi: 13. 20-103, Ankara.
- Özçelik M 2017. Kıyı alanlarının kullanılmasında kıyı kenar çizgisinin önemi. Mühendislik Bilimi ve Tasarım Dergisi, 5(3): 595-600.
- Sağ N, Yıldırım HH 2011. Kıyı mevzuatında kamu yararı kavramının değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26(2): 38-54.
- Sesli FA, Akyol N 2006. Kıyı alanlarında kamu yararı ve kullanım ilişkileri. Türkiye’nin Kıyı ve Deniz Alanları VI. Ulusal Konferansı, Türkiye Kıyıları 6: 13-22.
- Solmaz S 2017. Geçmişten günümüze Türkiye kıyı politikaları ve Türkiye kıyılarında yaşanan mülkiyet sorunları. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Şimşek S 2010. Kıyılarda mülkiyet sorunu: Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi iptal kararları ışığında bir çözüm önerisi. Sayıştay Dergisi, 77: 77-118.
- T.C. Resmi Gazete. 1605 Sayılı İmar Kanununda Bazı Değişiklikler Yapılması Hakkında Kanun, (14251), 20.07.1972.
- T.C. Resmi Gazete. 2709 Sayılı Türkiye Cumhuriyeti Anayasası, (17863), 09.11.1982.

- T.C. Resmi Gazete. 2863 Sayılı Kùltür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, (18113), 23.07.1983.  
T.C. Resmi Gazete. 3194 Sayılı İmar Kanunu, (18749), 09.05.1985.  
T.C. Resmi Gazete. 3402 Sayılı Kadastro Kanunu, (19512), 21.06.1987.  
T.C. Resmi Gazete. 3621 Sayılı Kıyı Kanunu, (20495), 04.04.1990.  
T.C. Resmi Gazete. Kıyı Kanununun Uygulanmasına Dair Yönetmelik, (30463), 29.06.2018.  
T.C. Resmi Gazete. 4721 Sayılı Medeni Kanunu, (24607), 22.11.2001.  
T.C. Resmi Gazete. 5393 Sayılı Belediye Kanunu, (25874), 03.07.2005.  
Turoğlu H 2009. 3621 sayılı Kıyı Kanunu ve onun uygulanma problemleri. Türk Coğrafya Dergisi, 53: 31-40.  
Yücel B 2008. Kıyı işgallerine ilişkin sorunlar ve çözüm önerileri. Maliye Dergisi, 154: 29-37.



## Jeopark olma niteliğine sahip alanların arazi yönetimi kapsamında değerlendirilmesi: Kula Jeoparkı örneği

Şaban İNAM\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9101-6109>), Halil Burak AKDENİZ ((ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9504-051X>)

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği, Konya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [sinam@ktun.edu.tr](mailto:sinam@ktun.edu.tr)

### Özet

Bu çalışmada, jeopark olma niteliğine sahip doğa varlıklarının bilimsel veriler ışığında tespit edilerek 'korunması gereken tabiat mirası' kapsamında sit alanı olarak ilan edilmesi, mekânsal planlama çalışmalarına konu edilerek 'koruyarak kullanma' eğiliminin sergilendiği çok amaçlı açık hava müzesi haline getirilmesi, toplumda doğayı koruma bilincinin geliştirilmesi ve bunun eğitim yoluyla desteklenmesi, jeoturizm içerikli çalışmalar ile bir taraftan bölgenin tanıtımı yapılırken diğer taraftan yerel işgücü ve ekonomide katma değerler yaratılmasının gerekliliği hedeflenmiştir. Jeolojik oluşumları içerisinde tabiat mirası olarak kabul edilen bir varlığın jeopark niteliği kazanması, birbiriyle etkileşimli üç önemli amaca hizmet etmesiyle mümkün olur: Tabiatı koruma, tabiat mirasının korunması hususunda toplumsal bilinç düzeyinin artırılması yönünde eğitim, jeoturizm. Yerelde sürdürülebilir arazi yönetimi olgusunu ve kalkınmayı da destekleyen jeoparklar, yer bilimleri ve doğal çevre ile ilgili kavramları ulusal ve uluslararası toplumlara aktarabilmek için en elverişli ortamlar olup; hedeflenen amaçlara 'korunan alanlar, açık hava müzeleri, bilimsel toplantılar ve kongre turizmi, danışma merkezleri, rehberli tanıtım gezileri, okul öğrencilerine eğitim amaçlı inceleme gezileri, turizm haritaları, eğitim materyalleri ve seminerler' yoluyla ulaşılır. Çalışma ile ortaya konulan bu yaklaşımın; mekânsal analizlere dayalı koruma stratejisi oluşturma, mekânın çok amaçlı kullanımı yönünde bütünlük planlama yapma, korunan alanların yönetimi ve sürdürülebilirliği sağlamada kurumsal politikalar geliştirme konusunda bir algı oluşturmaya beklenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeopark, Jeoturizm, Korunan alan, Mekânsal planlama, Arazi yönetimi.

### Evaluation of geoparks areas in the scope of land management: the case of Kula Geopark

#### Abstract

In this study, the determination of natural assets with the quality of being a geopark in the light of scientific data and declaring them as a protected area within the scope of 'natural assets to be protected', making them outdoor museum using spatial planning studies, development and support of this through education, the necessity of creating added value in the local labor force and economy with geotourism necessity is targeted. Geological formation areas can acquire the nature of a geopark by serving three important interactive purposes. These are nature conservation, education to increase the level of social awareness about natural conservation and geotourism. Geoparks that also support the concept of sustainable land management at the local level, are the most suitable environments for telling the concepts of earth sciences and natural habitat to national and international societies. The target objectives of geoparks are achieved through "protected areas, outdoor museums, scientific meetings and congress tourism, information centers, educational study tours for school students, tourism maps, educational materials and seminars". In the result of study: It is expected to create a percept about creating a protect strategy based on spatial analysis, integrated planning for multipurpose use of space, management of protected areas and developing corporate policy.

**Keywords:** Geopark, Geotourism, Protected Area, Spatial Planning, Land Management.

## GİRİŞ

Tabiatta bulunması nadir ve estetik olup, bilimsel ve ekonomik anlamda değer taşıyan jeolojik, jeomorfolojik, biyolojik ve tarihi-kültürel miras unsurlarının birlikte bulunduğu doğal alanların eğitim, turizm ve ekonomik amaçlı düzenlenmiş hali (Erdem, 2018) olarak tanımlanan jeoparklar; Kazancı (2010)'ya göre “*Koruma, eğitim ve turizm yoluyla ekonomik gelir sağlama amaçlı arazi kullanımı ve bunun planlanması*” işlemi; Avrupa Jeoparklar Ağı'na göre de “*Bir bölgenin jeolojisini, çevresini, kültürünü, estetiğini, mirasını ve yaşayanlarının refahını göz önünde tutarak o bölgenin kimliğini sürdüren ve geliştiren turizm faaliyeti*” olarak tanımlanmaktadır. Yerkabuğunun oluşumundan günümüze kadar geçen süreçte jeolojik içerikte fosil, kayaç, mineral, maden, volkan koni ve kraterleri, volkanik mağaralar, kanyon ve şelaleler, peribacaları, kırgıbayırlar, sütun bazaltlar ve morfolojik oluşumlar gibi jeositler (Körbalta, 2018) yanında; orman, dağ, step, sulak alan, kıyı ve deniz ekosistemleri ve bu sistemler içerisinde barınan endemik türler (flora/bitki ve fauna/hayvan) ve habitat çeşitliliği ile bölgeye özgü kültürel ve arkeolojik nitelikte yaşayan tarihi-kültürel değerlerin korunmaya ve gelecek kuşaklara aktarılmaya ihtiyacı vardır. Bu bağlamda kültür, turizm ve ekonominin tabiat ile iç içe geçtiği jeopark olma niteliğine sahip alanlarda tabiat ve kültür varlıklarını korumak, koruma-kullanma dengesini sağlamak, korunan alanların yakın çevresini tehdit eden çevresel etkileri azaltmak için arazi yönetimi kararlarını oluşturmak suretiyle üzerindeki toplumsal yaşamın sürdürülmesini sağlamak önemlidir.

Küresel ölçekte meydana gelen her türden olumsuz değişimlerin yanında, çevre bilincini ya da doğa korumacılığı öne çıkaran ulusal ve uluslararası gelişmeler de yaşanmaktadır. Bunların başında doğal yaşam alanlarının korunması ve gelecek nesillere ulaştırılması için küresel düzeyde çabalar gelmektedir. Yeterli olmasa da, günümüzde yerkürenin yaklaşık %12 oranında büyüklüğüne sahip 100.000'den fazla alan koruma altına alınmış (Tezel, 2018); ancak bunun çok azı jeopark statüsüne sahip olabilmıştır. UNESCO şartlarında tescil edilecek bir jeopark, bölgenin sadece jeolojik öneme sahip sitlerini değil, tüm coğrafik yerleşimlerini dikkate almalıdır. Jeoçeşitlilik, biyoçeşitlilik ve kültür gibi maddi ya da maddi olmayan miraslar (jeolojik olmayan) arasındaki sinerji, her jeoparkın ayrılmaz parçaları olarak vurgulanmalıdır (UNESCO Türkiye Milli Komitesi, 2015). Asya, Avrupa ve Afrika kıtalarının kesişme noktasında bulunan Türkiye; gerek doğal oluşumlu tabiat varlıkları gerekse tarihi-kültürel değerleri bakımından korunan/korunması gereken olağanüstü zenginliğe sahip bir coğrafyadır. Avrupa Birliği (AB) tarafından hazırlanan raporda, Türkiye'de ekosistemlerin ve önemli doğal yaşam alanlarının oldukça korunduğu kabul edilmekte; ancak göç, ekonomik büyüme ve nüfus artış oranının yüksekliğinin bu alanlar için tehdit oluşturduğu da vurgulanmaktadır.

Türkiye'de jeopark oluşturma çalışmaları ve buna ilişkin yasal düzenlemelerin yakın gelecekte oluşturulması, Avrupa Jeopark Ağı ve UNESCO Jeopark Ağına üye olmak için gerekli koşulların hazırlanması açısından da önemlidir (Akbulut ve Ünsal, 2012). Bunun için de önce akademik camia ve kamu bürokrasisi, sonrasında toplumların jeopark konusunda gerekli yeterliliklere sahip kılınması gerekmektedir. Bu amaçlı yapılan çalışmalar neticesinde jeopark olma niteliğine erişen çok sayıda proje (Kapadokya Jeoparkı, Pamukkale Traverten Jeoparkı, Mut Jeoparkı, Tuzgölü Jeoparkı, Karapınar Jeoparkı, Kızılcahamam-Çamlıdere Jeoparkı, Nemrut Volkanı-Van Gölü Jeoparkı gibi) olmasına karşın; bunlardan birisi olan Kula Jeoparkı UNESCO tarafından 2014 yılında sertifikalandırılıp, UNESCO Jeoparklar Ağına üye yapılarak gelecekte benzer çalışmalara örnek teşkil etmiştir (Şekil 1).



**Şekil 1.** Avrupa Jeoparklar Ağı (European Geoparks Network) resmi haritası

Bu çalışmada, jeopark oluşumu konusunun “gerçekte önemi ve bilimsel standartları kamu ve sivil toplum yönetimleri tarafından bilinmesine karşın ağırlıklı olarak jeolojik miras unsurlarının dikkate alındığı bir bakış açısından” çıkartılıp; üzerinde “geçmişten günümüze taşınan/yaşayan jeolojik, etnolojik, ekolojik, tarihi-kültürel, vb. tüm miras unsurlarını taşıyan” sahaların önce bilimsel yöntemlerde çalışılıp, devamında önemi derecesinde sit kararlarını ve buna uygun mekânsal planlamayı oluşturup, mevcut sahayı koruyarak- kullanma eğilimi ve politikalarını uygulamaya koymak gerektiği vurgulanacaktır. Bu yaklaşım uygulamaya konulabilirse eğer, jeopark olma niteliğine sahip olan sahayı ‘üzerinde yaşayan beşeri toplumu ve miras kapsamındaki bileşenleri ile birlikte’ geçmişten geleceğe sağlıklı bir şekilde taşınabilecektir.

## **MATERYAL VE METOD**

Jeopark olma niteliğine sahip olan alanların, arazi yönetimi kapsamında koruma-kullanma dengesini sağlayacak mekânsal planlama çalışmalarına konu edilmesi; arazi yönetimi esaslarında oluşturulacak kurumsal politikalar eşliğinde bir taraftan yaşayan toplumun ikame ettirilmesi ve mülkiyet hakkı kullanımı sağlanırken diğer taraftan eğitilmiş bilinçli toplumun sahiplendiği doğa turizmi, kültür turizmi, kongre turizmi gibi bilimsel temelli etkinlikler yoluyla yerel ekonomiye katma değer üretmesi sağlanmalıdır. Çalışma konusu, Manisa İline bağlı Kula İlçesi ve yakın çevresinde yer alıp Antik Çağ coğrafyacısı Strabon'un ‘Geographika’ adlı eserinde "Katakekaumene-Yanık Ülke" olarak tanımladığı Kula Jeopark Alanı özelinde değerlendirilmiştir (Şekil 2 ve 3).

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

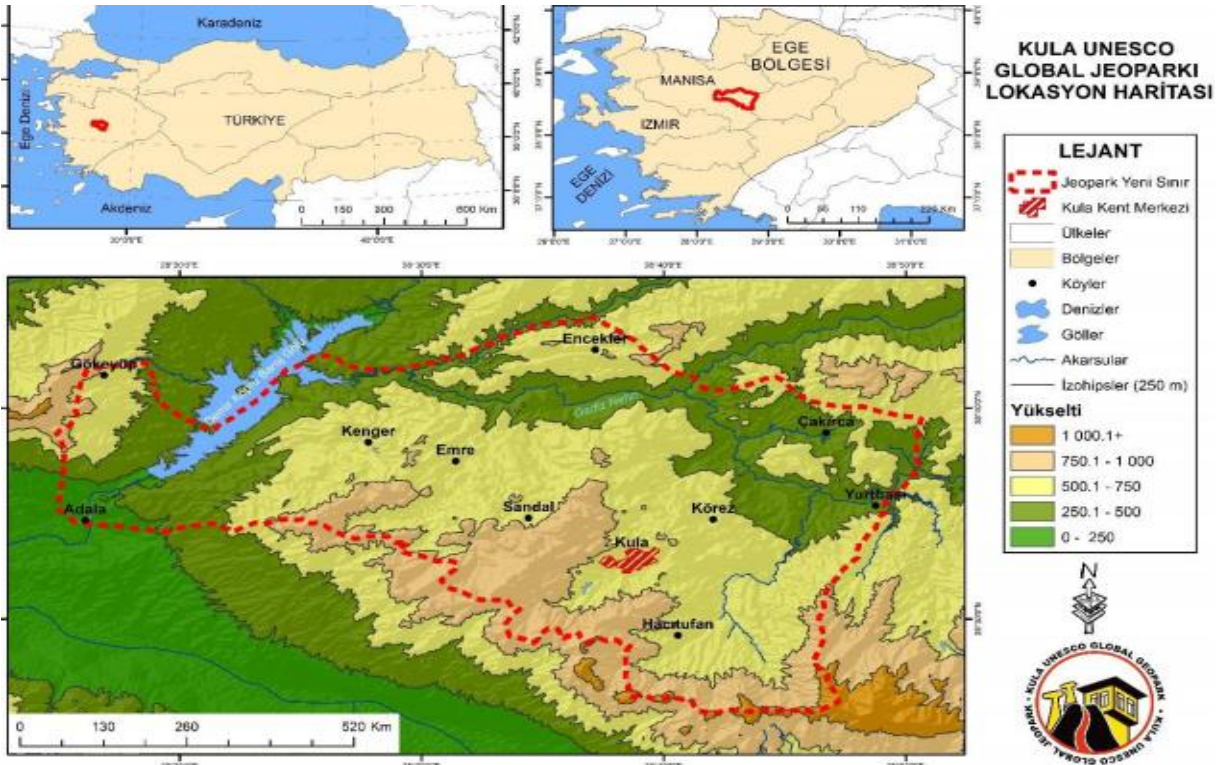
### **Sahayı ‘jeopark olma niteliğine sahip kılan’ unsurların belirlenmesi**

Saha üzerinde var olan ve her biri ‘geçmişten geleceğe sağlıklı bir şekilde aktarılması’ gereken tabiat varlıkları ve tarihi-kültürel değerler kapsamındaki tüm miraslar, ilgili kamu idaresi koordinasyonunda ve multidisipliner çalışma ekipleri elinde bilimsel yöntemler içerisinde çalışılmalıdır. Bu aşamada yapılacak çalışma programı ilgili disiplinlerin (jeoloji, arkeoloji, etnoloji, sanat tarihi, ekoloji, biyoloji, zooloji, toprak bilimi, vb.) bilim otoritelerince oluşturulmalı; jeopark sahasının sınırları ‘sahaya özel esnek çalışma yöntemleri’ içerisinde belirlenmelidir (Ulaş ve ark. 2011, Gürsay ve Güneş 2014, Ulaş 2019). Ortaya çıkacak tematik haritalar, koruma-sit kararlarına ve mekânsal planlamaya altlık oluşturmalıdır (Şekil 4).

### **Jeoparklar ve korunan alan ilişkisinin belirlenmesi**

Ulusal ve uluslararası sözleşmeler ve organizasyonlar, ilgi alanlarına giren tabiat ve tarihi-kültürel değerlerin korunması ve korunan alanların belirlenmesi için ölçütler geliştirmişlerdir. Bu ölçütler esnek olup, bilimsel çalışmalardan elde edilen veriler ışığında uzmanlarınca değerlendirilir. Gerek akademik çalışmalarda gerekse resmi otoriteler tarafından yasal koruma statüsü verilebilmesi için bu ölçütlerden yararlanır. Korunan alanların belirlenmesinde ana unsur, sahanın tabiat ve tarihi-kültürel değerlere sahip olmasıdır. Korunan

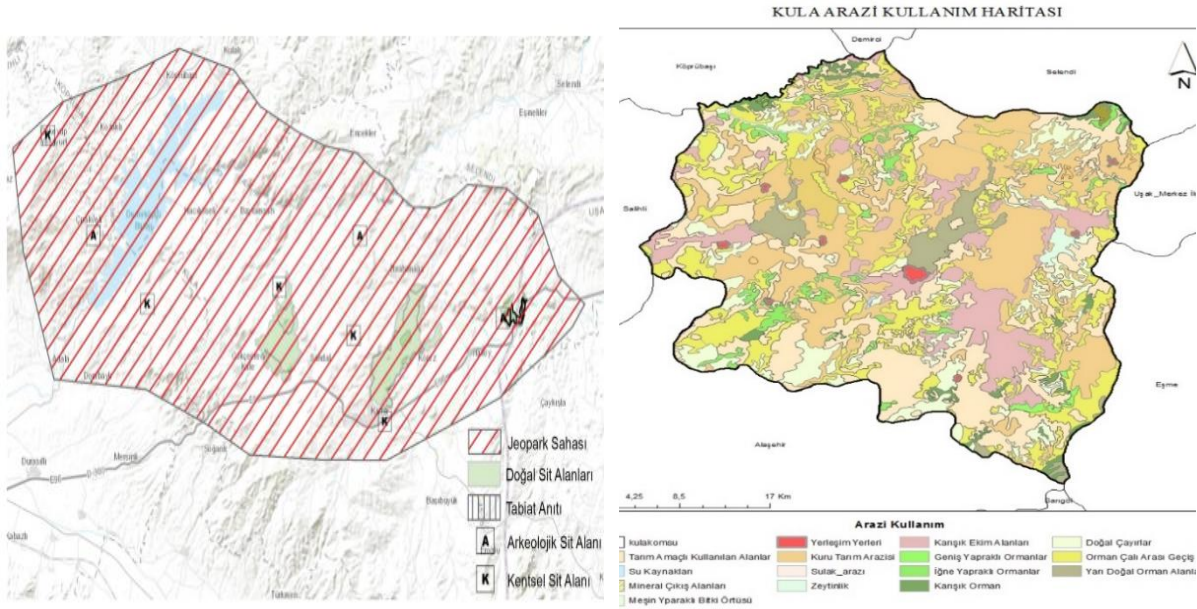
alanlar, insan faaliyetlerinin kısıtlandığı veya tamamen yasaklandığı alanlardır (Aytaç ve Bozdağ 2015, Tezel, 2018). Bu nedenle tespit çalışmalarının hassas ve etkileşimli olması gerekir.



Şekil 2. Kula Jeoparkı'nın lokasyon haritası (Demir ve Aytaç, 2018)



Şekil 3. Kula Volkanik Jeoparkı (<http://www.kula.bel.tr/kula-volkanik-jeopark.aspx>, 2020)



**Şekil 4.** Kula jeoparkı koruma statülü alanlar (Körbalta, 2018) ve arazi kullanım haritaları (Demir ve Aytaç, 2018)

Kentsel ve kırsal alanda yaşam süren 10 ayrı yerleşim biriminde; toplamda 50.043 dekar aktif tarım arazisinde iktisadi olarak 'hayvancılık, zirai ve tütün üretimi, bahçecilik, halı- kilimcilik, vb' üretimin yapıldığı (İnam ve Güngör, 2017); üzerinde 80'den fazla volkan konisi ile peri bacaları, karstik mağaralar, kanyonlar, kaya mezarları, taş köprüler, kentsel sit alanları ve tarihi evlerin yanı sıra pek çok jeolojik, jeomorfolojik ve doğal mirası bünyesinde barındıran ve yaklaşık 900 kilometrekarelik alanda yer alan Kula Jeoparkı (TMMOB-JMO, 2019), içerdiği eşsiz ekosistemler ve kültürel değerler ile birlikte doğanın uzun vadede korunması için belirlenen, ayrılan ve yasalarla ya da geçerli diğer araçlarla yönetilen önemli coğrafi alandır (Binal ve Ercanoğlu 2010, Koca ve ark, 2016). Bu yaklaşımda korunan alanlar;

- ekolojik dengelerin korunması açısından önemli olan,
- insanlara doğa bilinci veren, doğayla kendisi arasında ilişki kurmasını sağlayan,
- insanların ruh ve beden sağlığını iyileştiren, geliştiren,
- gelecek nesillere aktarılması için korunmaya muhtaç, hassas özelliklere sahip olan,
- ülkelerin ekoturizm potansiyeli açısından çok önemli kaynak değer teşkil eden,
- jeolojik oluşum ve tarihi-kültürel bakımdan korunması gerekli kültür ve tabiat varlıkları olgusunun temelini oluşturan yerlerdir (TMMOB-JMO, 2015).

Bilimsel ve estetik bakımından nadir bulunan tabiat ve tarihi-kültürel miras değerlerini üzerinde bulundurduğu için korunması gereken alanların,

- yasal durum ve mevcut koruma statüleri bakımından, yürürlükteki hukuki mevzuat (Türkiye'de 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu ve 383 Sayılı Özel Çevre Koruma Kurumu Başkanlığı Kurulmasına Dair Kanun Hükmünde Kararname) gereğince ve 'özel çevre koruma bölgesi' ve 'doğal sit' kapsamında değerlendirilip 'tabiat ve kültür varlığı' statüsünde işlem görmesi;
- idari/yönetimsel durum bakımından, sorumlu idareler (Türkiye'de TC Tarım ve Orman Bakanlığına bağlı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ile TC Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bağlı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü) tarafından bu alanların sınırlarının tespit ve tescil edilmesi, saha yönetiminin sağlanması; milli parklar, tabiat parkları, tabiat anıtları, tabiatı koruma alanları, doğal sit alanları, tarihi- arkeolojik- kentsel sitler, sulak alanlar, özel çevre koruma bölgeleri ve benzeri koruma statüsü bulunan diğer alanların kullanma ve yapılaşmaya yönelik ilke kararlarının belirlenmesi; her türde ve ölçekte halihazır harita, çevre düzeni planı, nazım imar planı ve uygulama imar planlarının yapılması-değiştirilmesi-onaylanması ve zemine uygulanması işlemlerinin yapılması; korunan alanlara ilişkin insan ve finansman kaynağı sağlanması,

gerekir (JMO 2019).



gerçekleştirilen 'jeoturizm' ile her türden bilimsel etkinliklerin yapıldığı 'kongre/sempozyum turizmi' faaliyetlerine adres yapılması sağlanmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Akbulut G, Ünsal Ö 2012. Levent Vadisi'nin (Malatya) jeopark ve jeoturizm potansiyeli. 1. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, Sempozyum Kitabı, ss. 535-546, Erzurum.
- Aytaç AS, Bozdağ E, 2015. Nemrut Dağı milli parkı ve çevresinin (Adıyaman) jeopark potansiyelinin belirlenmesi. ISTEC International Science and Technology Conference, September 2-4, 2015, St. Petersburg-Russia.
- Binal A, Ercanoğlu M 2010. Assessment of rockfall potential in the Kula (Manisa, Turkey) Geopark region", Environmental Earth Science, 61:1361-1373.
- Demir T, Aytaç AS 2018. Kula UNESCO global jeoparkı: Türkiye'nin UNESCO tescilli ilk ve tek global jeoparkı. TÜCAUM 30. Yıl Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 3-6 Ekim 2018, Ankara.
- Erdem NÖ 2018. Jeoparklar ve küresel ağlar ile bütünleşmenin önemi. TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Haber Bülteni, 2015/2, Ankara.
- Güneş G 2011. Korunan alanların yönetiminde yeni bir yaklaşım: katılımcı yönetim planları. Ekonomi Bilimleri Dergisi, 3(1): 47-57.
- Gürsay MS, Güneş G 2014. Jeoturizm ve sürdürülebilirlik: Kızılcahamam-Çamlıdere Jeoparkı örneği. Ankara Araştırmaları Dergisi, 2(2): 203-215.
- İbiş S 2018. Sürdürülebilir turizm kapsamında Sındırgı ve çevresinin turizm potansiyeli üzerine bir araştırma. Türk Turizm Araştırmaları Dergisi, 2(4): 26-40.
- İnam Ş, Güngör R. 2017. Jeoparklar, Kula / Manisa örneğinde mekânsal arazi kullanımına etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YL semineri, Konya.
- Kervankıran İ, Eryılmaz AG 2015. Milli parkların sürdürülebilir kullanımı ve yönetim planı önerisi: Isparta ili örneği. SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, 34: 173-190.
- Koca R, Güney İ, Öncü MA, Somuncu M 2016. Korunan alanlarda etkili planlama ve sürdürülebilir alan yönetimi üzerine Kaçkar Dağları Milli Parkı'nın incelenmesi. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, 13-14 Ekim 2016, Ankara.
- Koçan N 2012. Ekoturizm ve sürdürülebilir kalkınma: Kızılcahamam-Çamlıdere (Ankara) jeopark ve jeoturizm projesi. Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 2(6): 69-82.
- Körbalta H 2018. Kula Volkanik Jeoparkı yönetim planı için öneriler. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 42: 191-214.
- Okuyucu S 2016. Kazdağı Milli Parkı ve yakın çevresinin Unesco kriterlerine göre jeopark potansiyelinin belirlenmesi ve eğitim amaçlı kullanımı. Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, YL tezi, Balıkesir.
- Tezel D 2018. Kaş-Kekova(Antalya) bölgesi flora ve fauna duyarlılığı üzerine ekolojik koridorların mekânsal veri analizi ile belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Konya.
- TMMOB-Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) 2015. Unesco Türkiye Milli Komitesi, jeopark alanları ulusal listesine öneri sunma çalıştay raporu.
- TMMOB-Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO) 2019. Jeolojik açıdan tabiat varlıkları, jeolojik mirasın önemi ve Türkiye'deki durum hakkında rapor. Jeoloji Mühendisleri Odası Yayın, 137.
- Ulaş D, Kazancı S, Boyraz OT, Yücel Ö, Yedek MB, Eker M, Mülazımoğlu S, Suludere Y, Kazancı M, Koçan N, Koçak G, Taştan B 2011. Jeolojik koruma, jeopark ve jeoturizm kavramlarının algılanması konularında alan çalışması: Kızılcahamam, Ankara. Jeoloji Kurultayı Nisan 2011, Ankara.
- Ulaş D 2019. Korunan alanların yönetiminde yaşanan problemler ve sürdürülebilir turizm çerçevesinde çözüm önerileri: Kızılcahamam-Çamlıdere jeoparkı projesi. Ufuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 8(15): 131-149.
- URL-1, <http://www.kula.bel.tr/kula-volkanik-jeopark.aspx> (Erişim Tarihi: 01.09.2020).

## Türkiye'de yetişen kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvelerinin toplam fenolik içeriği, antioksidan ve antimikrobiyal aktivitelerinin belirlenmesi

Fatma Sezer Öztürk\*, Hüseyin Karakaya, Elif Atalay, İncilay Gökbulut, Murat Yılmaztekin

İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: fatmasezerozturk@hotmail.com

### Özet

Kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyveleri fenolik bileşikler, antosiyaninler, karotenoidler, organik asitler ve C vitamini gibi biyoaktif bileşenler bakımından oldukça zengin bir bileşime sahiptir. Yüksek miktarda fenolik madde içeriğine sahip bitki ekstraktlarının biyolojik aktivite değerleri de yüksek olmaktadır. Bu çalışmada kuşburnu meyvesinin toplam fenolik içeriği, antioksidan (DPPH, ABTS) ve antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir. Toplam fenolik içerik Folin-Ciocalteu yöntemine göre spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. Sonuç gallik asit eşdeğeri olarak kuru ağırlık (DW) üzerinden verilmiş olup  $48.40 \pm 0.52$  mg GAE/g DW olarak hesaplanmıştır. Antioksidan aktivite ise DPPH ve ABTS için sırasıyla  $205.58 \pm 0.76$   $\mu$ mol TE/g DW ve  $161.74 \pm 0.56$   $\mu$ mol TE/g DW olarak bulunmuştur. Kuşburnu meyve ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi 4 Gram pozitif, 4 Gram negatif ve 2 maya türü olmak üzere 10 farklı gıda kaynaklı mikroorganizma türü üzerinde oyuk agar difüzyon testine göre belirlenmiştir. 250 mg/mL kuşburnu ekstraktı uygulandığında *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* ve *Bacillus subtilis* üzerinde sırasıyla 9, 10 ve 12 mm inhibisyon çapı görülmüştür. Kuşburnu meyvelerinin iyi bir antioksidan kaynağı olmasının yanısıra ekstraktının da Gram pozitif bakterilere karşı etkili bir antimikrobiyal ajan olduğu söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Kuşburnu, toplam fenolik, antioksidan, antimikrobiyal aktivite

### Determination of total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activity of rosehip (*Rosa canina* L.) fruits grown in Turkey

#### Abstract

Rosehip (*Rosa canina* L.) fruits have a rich content in bioactive compounds such as phenolics, anthocyanins, carotenoids, organic acids and vitamin C. Plant extracts with high phenolic content show greater biological activities, indeed. In this study, total phenolic content, antioxidant (DPPH, ABTS) and antimicrobial activity of rosehip fruits were evaluated. Total phenolic content was determined spectrophotometrically according to the Folin-Ciocalteu procedure. Result was expressed in basis of dry weight (DW) as gallic acid equivalents (GAE), and calculated as  $48.40 \pm 0.52$  mg GAE/g DW. Antioxidant activity was  $205.58 \pm 0.76$   $\mu$ mol TE/g DW and  $161.74 \pm 0.56$   $\mu$ mol TE/g DW for DPPH and ABTS, respectively. Antimicrobial activity of rosehip fruit extracts was evaluated by agar well diffusion test on 10 different food-borne microorganisms including 4 Gram positive, 4 Gram negative and 2 yeasts strains. There were observed 9, 10 and 12 mm inhibition zone for *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* and *Bacillus subtilis*, respectively, when applied 250 mg/mL rosehip extract. It can be said that the fruit extract is an effective antimicrobial agent for Gram positive bacteria species besides that rosehip fruits are a plentiful source of antioxidants.

**Keywords:** Rosehip, total phenolic, antioxidant, antimicrobial activity

### 1. GİRİŞ

Bünyesinde 100'den fazla türü barındıran *Rosa* cinsi Avrupa, Orta Asya ve Kuzey Amerika'da geniş bir dağılım göstermektedir (Roman ve ark., 2013; Koczka ve ark., 2018). *Rosa* cinsi içerisinde yer alan ve kuşburnu olarak bilinen kırmızı etli meyveler farklı şekil ve boyutlarda bulunabilmektedir (Koczka ve ark., 2018). Yüksek fenolik içeriği ve antioksidan kaynağı olmasından ötürü yaygın kullanım alanına sahiptir (Ersoy ve ark., 2015). Meyveleri bağışıklık destekleyici, antioksidan, antidiyabetik, antiartritlik, iltihap giderici, ağrı kesici ve antimikrobiyal etki başta olmak üzere gösterdikleri çeşitli biyolojik faydalardan ötürü geleneksel olarak birtakım rahatsızlıkların tedavisinde de kullanılabilir (Koczka ve ark., 2018).

Gıda-sağlık ilişkisine dair tüketici farkındalığındaki artış doğal biyoaktif bileşikler içeren yeni ürünlerin piyasada kendine yer bulmasına olanak sağlamıştır (Strugala ve ark., 2016). Kuşburnu, antioksidan etkili fitokimyasallar bakımından en zengin meyvelerden biri olup; fenolik ve karotenoid bileşikler açısından da



oldukça zengindir (Koca ve ark., 2009; Türkben ve ark., 2010). *Rosa canina* türüne ait kuşburnu meyvelerinde başlıca bulunan fenolik bileşikler gallik asit, vanilik asit, protokateşuik asit, kuersitrin, ellajik asit, kuersetin-3-glukozid, kuersetin-3-glukuronid olarak tespit edilmiştir (Jimenez ve ark., 2017; Fascella ve ark., 2019). Kuşburnu, antioksidan maddeler için önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Jimenez ve ark., 2017). Andronie ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada kuşburnunun antioksidan kapasitesinin kekreyemiş, çakal eriği ve kızılıktan yüksek olduğunu ortaya koymuşlardır.

Neredeyse tüm antimikrobiyal ajan sınıflarına dirençli organizmaların ortaya çıkması son yıllarda ciddi bir halk sağlığı sorunu haline gelmiştir (Samy ve Gopalakrishnakone, 2010). Bu nedenle, mikroorganizmaların neden olduğu enfeksiyonları kontrol eden, farklı moleküler hedeflere sahip, çeşitli doğal veya sentetik bileşiklerden yeni antimikrobiyal ajanların bulunmasına yönelik çalışmalar devam etmektedir (Kan ve ark., 2009). Yüksek biyolojik aktivite gösteren bitkiler, potansiyel antimikrobiyal madde kaynağı olarak düşünülmektedir (Samy ve Gopalakrishnakone, 2010). Fenolik maddelerin ise biyokimyasal aktivite spektrumlarının geniş olduğu bilinmektedir (Tapiero ve ark., 2002; Nakamura ve ark., 2003). Yapılan bir araştırmada *Rosa canina* ekstraktlarının metisilin dirençli *Staphylococcus aureus* (MRSA) gelişimini inhibe etmede ve biyofilm oluşumunun önlenmesinde etkili olduğunu ortaya konmuştur (Roman ve ark., 2013).

Bitkilerin fenolik içerikleri genetik faktörlerin yanısıra toprak yapısı ve iklim koşulları gibi coğrafik etmenlerden oldukça etkilenmektedir. Biyoaktif madde bileşiminin değişmesi elde edilen biyolojik aktivite değerlerinde de farklılıklar gözlenmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de yetişen kuşburnu meyvesinin toplam fenolik içeriği belirlenerek antioksidan (ABTS ve DPPH) ve antimikrobiyal aktivitesi incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE METOD

### 2.1. Bitki Materyali

Araştırmada kullanılan kültüre alınmamış kuşburnu (*Rosa canina* L.) meyvesi Malatya ilinin doğal bitki florasından 2019 yılının Kasım ayında temin edilerek laboratuvara getirilmiştir. Meyve boyut ve şekil ayrımı yapıldıktan sonra kullanılmaya kadar -18°C’de muhafaza edilmiştir.

### 2.2. Meyveden Fenolik Bileşiklerin Ekstraksiyonu

Dondurulmuş meyve örnekleri çözüldürüldükten sonra çekirdekleri çıkarılarak üzerine 1:2 (w:w) oranında saf su ilave edilmiştir. 37°C’de 60 dakika bekletildikten sonra Karabulut ve ark. (2018) tarafından belirtilen ekstraksiyon yöntemi modifiye edilerek uygulanmıştır. 10 g meyve püresi tartıldıktan sonra üzerine 35 mL çözücü karışımı eklenerek homojenize edilmiştir. Ekstraksiyonda çözücü olarak hidroklorik asit/metanol/su (1:80:19, v:v:v) kullanılmıştır. Homojen hale getirilen örnekler su banyosunda bekletildikten sonra santrifüj edilmiştir. Süpernatant kısmı yeni bir tüpe alınmış ve kalan pelletin üzerine çözücü ilave edilerek ekstraksiyon işlemi tekrarlanmıştır. Bu işlem 3 kez tekrar edilerek süpernatant fazları birleştirilmiştir. Ekstrakt 0.45 µm naylon filtreden geçirildikten sonra toplam fenolik içerik ve antioksidan aktivite analizlerinde kullanılmıştır. Analizler 2 tekerrür halinde gerçekleştirilmiştir.

### 2.3. Toplam Fenolik İçeriğin Belirlenmesi

Toplam fenolik içeriğin belirlenmesinde Folin-Ciocalteu yöntemi modifiye edilerek kullanılmıştır (Kraujalytė ve ark., 2013). Analizde uygun oranda seyreltilmiş olan 0.1 mL kuşburnu ekstraktı üzerine 0.4 mL saf su, 1 mL 0.2 N Folin-Ciocalteu reaktifi ve 1 mL %7’lik doymuş sodyum karbonat çözeltisi ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında, karanlık bir ortamda 90 dakika bekletildikten sonra 725 nm dalga boyunda absorbans okuması gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon grafiği gallik asit standardı kullanılarak hazırlanmış olup bu grafikten faydalanarak örneklerde bulunan toplam fenolik içerik mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/gram kuru ağırlık (dry weight, DW) olarak ifade edilmiştir.

### 2.4. Antioksidan Aktivite Analizleri

Kuşburnu meyvesinden elde edilen ekstraktların antioksidan aktivitesinin belirlenmesinde iki yöntem kullanılmıştır.

*2,2-Diphenyl-1-pikryl-hidrozyol (DPPH) analizi:* Meyve ekstraktlarının DPPH’a karşı radikal süpürme aktivitesinde, Brand-Williams ve ark. 'nın (2005) belirttiği yöntem modifiye edilerek uygulanmıştır. 0.1 mL ekstraktın üzerine hazırlanmış olan DPPH çözeltisinden (1 mg/mL) 1.9 mL ilave edilmiştir. Oda sıcaklığında, karanlıkta 60 dk inkübasyona bırakıldıktan sonra absorbans okuması spektrofotometrede 517 nm dalga

boyunda gerçekleştirilmiştir. Troloksun bilinen konsantrasyonlarındaki absorbansları ile elde edilen grafik kullanılarak örneklerdeki DPPH antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar  $\mu\text{mol}$  troloks eşdeğeri (TE)/g DW olarak verilmiştir.

*2,2-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt (ABTS) analizi:* Meyve ekstraktlarının ABTS ile antioksidan aktivitesi, Re ve ark. (1999) tarafından belirtilen yöntemde küçük iyileştirmeler yapılarak belirlenmiştir. 7.0 mM ABTS stok çözeltisi ile 2.45 mM (son konsantrasyon) potasyum persülfat ( $\text{K}_2\text{O}_8\text{S}_2$ ) çözeltisi karanlıkta reaksiyona sokulmuş olup 16 saatlik süre sonunda ABTS radikal katyon ( $\text{ABTS}^+$ ) çözeltisi elde edilmiştir. Elde edilen  $\text{ABTS}^+$  çözeltisi etanol kullanılarak seyreltilmiştir. 0.2 mL ekstraktın üzerine hazırlanmış olan  $\text{ABTS}^+$  çözeltisinden 3.8 mL eklenmiştir. Oda sıcaklığında, karanlıkta 60 dk inkübasyona bırakılmış olup absorbans okuması spektrofotometrede 734 nm dalga boyunda gerçekleştirilmiştir. Troloksun bilinen konsantrasyonlarındaki absorbansları ile elde edilen grafik kullanılarak örneklerdeki DPPH antioksidan aktivite değerleri belirlenmiştir. Sonuçlar  $\mu\text{mol}$  TE/g DW olarak ifade edilmiştir.

## 2.5. Antimikrobiyal Aktivite Testi

### 2.5.1. Metanolik ekstraksiyon

Ekstraksiyon işlemi, Nejad ve ark. (2014) ile Boulaaba ve ark. (2015) tarafından belirlenen yöntemlerde küçük iyileştirmeler yapılarak uygulanmıştır. Kısaca, 10 gr liyofilize meyve tozu bir erlen içerisine tartılarak üzerine 100 mL %80 metanol ilave edilmiştir. Karışım, orbital çalkalayıcıda (Certomat, Sartorius, Almanya) 25°C'de 180 rpm çalkalama hızında 48 saat maserasyona bırakılmıştır. Süre sonunda iri katı partiküllerin uzaklaştırılması için dispersiyon filtre edilmiştir. Filtrat 250 mL'lik bir balona alınmış ve rotary evaporatör (Buchi, İsviçre) kullanılarak vakum altında 45°C'de çözgenler uzaklaştırılmıştır. Balon içerisindeki kalıntı azot gazı altında kurutulmuştur. Kalıntı üzerine 500 mg ekstrakt/mL olacak şekilde %10 dimetil sülfoksit (DMSO; Merck, Almanya) içeren distile su ilave edilmiş ve kalıntı tekrar süspanse edilmiştir. Balon, ultrasonik su banyosunda (Sonorex, Bandelin, Almanya) 45°C'de bekletilerek ekstraktın tamamen çözünmesi sağlanmıştır. Stok çözelti, 0.20  $\mu\text{m}$ 'lik steril filtreden geçirildikten sonra yine %10'luk DMSO kullanılarak 10, 25, 50, 100 ve 250 mg/mL ekstrakt içeren dilüsyonlar elde edilmiştir. Ekstraktlar kullanımlarına kadar +4°C'de karanlıkta muhafaza edilmiştir.

### 2.5.2. Mikroorganizma kültürü ve kültürlerin geliştirilmesi

Kuşburnu ekstraktlarının antimikrobiyal aktivitesi 4 Gram pozitif ( $G^+$ ), 4 Gram negatif ( $G^-$ ) ve 2 maya kültürü olmak üzere 10 farklı mikroorganizma türü üzerinde incelenmiştir.  $G^+$  türler olarak *Bacillus subtilis* (DSMZ 1971), *Listeria monocytogenes* (ATCC 7644), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212) ve *Staphylococcus aureus* (RSHM 1021/06008);  $G^-$  türler olarak *Escherichia coli* (ATCC 25922), *Salmonella enteritidis* (ATCC 13076), *Pseudomonas aeruginosa* (DSM 50071) ve Ankara Üniversitesi Mikrobiyoloji Laboratuvarı tarafından izole edilmiş *Klebsiella pneumoniae* kullanılmıştır. Maya kültürleri olarak ise *Saccharomyces cerevisiae* (PYCC 2503) ve *Candida albicans* (ATCC 90028) kullanılmıştır.

Bakteri kültürleri Brain Heart Infusion Broth (Lab M, İngiltere) içeren deney tüpleri içerisinde 24 saat inkübe edilerek aktifleştirilmiştir. *B. subtilis* ve *P. aeruginosa* 30°C'de; diğer bakteri kültürleri ise 37°C'de inkübe edilmiştir. Maya kültürleri ise Saboraud Dextrose Broth (Lab M, İngiltere) ortamında 30°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda bakteri kültürleri  $1 \times 10^6$  kob/mL; maya kültürleri  $1 \times 10^5$  kob/mL olacak şekilde %0.85'lik fizyolojik tuzlu su ile seyreltilmiştir.

### 2.5.3. Oyuk agar difüzyon testi

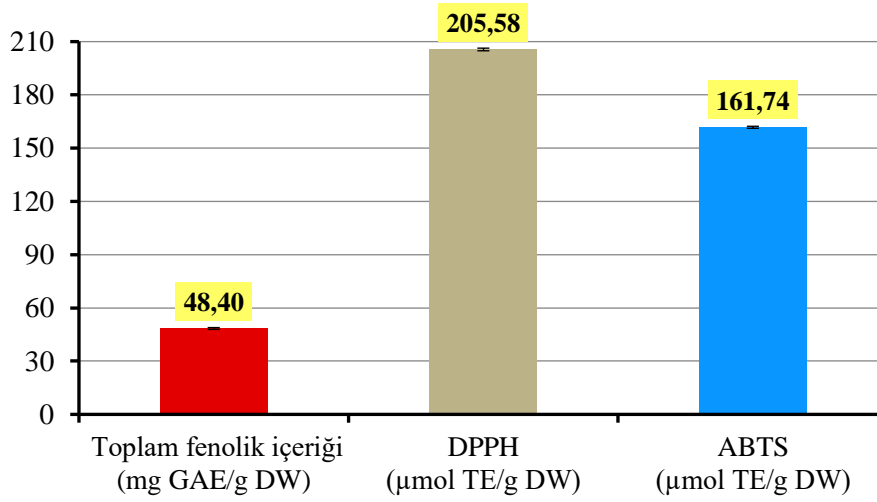
Kuşburnu ekstraktının antimikrobiyal aktivitesi modifiye edilmiş oyuk agar difüzyon testine göre belirlenmiştir (Okeke ve ark., 2001). Öncelikle 90 mm steril petripler içerisine 3 mm  $\pm$  0.5 mm yüksekliğine kadar Mueller-Hinton Agar (MHA; Himedia, Hindistan) ve Saboraud Dextrose Agar (SDA; Lab M, İngiltere) dökülmüştür. 200  $\mu\text{L}$  kültür inokulumu alınarak bakteriler MHA üzerine, mayalar SDA üzerine cam eküvyon çubuğu ile yeknesak yayılmıştır. Agarlar yüzeyi kuruyana kadar oda sıcaklığında bekletilmiştir. Ardından steril delgi ile agar üzerinde her bir dilüsyon için ayrı ayrı 8 mm çapında oyuklar açılmıştır. Oyuklar içerisine 50  $\mu\text{L}$  ekstrakt eklenmiş ve ekstraktın difüzyonu için petri 1 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Süre sonunda petripler her mikroorganizma için belirtilen sıcaklıklarda inkübasyona bırakılmıştır. Negatif kontrol testinde oyuklara bitki örneği içermeyen ve aynı ekstraksiyon işlemlerine tabi tutulmuş %10 DMSO çözeltisi ilave edilmiştir.

Pozitif kontrol testinde kullanılacak antibiyotik (ampicillin, gentamisin sülfat; Sigma, ABD) ve antifungal (itraconazole, Sigma, ABD) çözeltileri %10 DMSO içerisinde 1 mg/mL olacak şekilde hazırlanmıştır. Tüm denemeler 2 farklı petride 2 tekerrür halinde gerçekleştirilmiş olup; sonuçlar ortalama mm inhibisyon çapı olarak verilmiştir.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Toplam Fenolik İçerik ve Antioksidan Aktivite

Kuşburnu meyvesine ait toplam fenolik içerik ile DPPH ve ABTS antioksidan aktivite sonuçları Şekil 1’de verilmiştir. Geçmiş çalışmalarda Türkiye’de yetişmiş *Rosa canina* türüne ait kuşburnu meyvelerinde toplam fenolik miktarları 31.08, 62.98 ve 102 mg GAE/g DW olarak belirlenmiştir (Demir ve ark., 2014; Murathan ve ark., 2016; Yılmaz ve Ercisli, 2011). Yetiştirme koşulları ve coğrafik özelliklere bağlı olarak meyvelerdeki fenolik birikiminin değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir. Macaristan’da yetişmiş meyvelerde toplam fenolik miktarı 2-5 mg GAE/g DW seviyelerindedir (Koczka ve ark., 2018). Başka bir çalışmada, kuşburnu meyvesin olgunluk seviyesi arttıkça toplam fenolik miktarının da artış gösterdiğini ortaya konmuştur (Dolek ve ark., 2018). Ayrıca tercih edilen ekstraksiyon yönteminin elde edilecek toplam fenolik miktarını etkilediği bilinmektedir (Taneva ve ark., 2016).



Şekil 1. Kuşburnu meyve ekstraktlarına ait toplam fenolik içeriği ve antioksidan aktivite değerleri

Antioksidan aktivite DPPH testinde  $205.58 \pm 0.76$   $\mu\text{mol TE/g DW}$  ( $\text{IC}_{50} = 25.70 \pm 0,09$   $\mu\text{g DW/mL}$ ) iken; ABTS testinde ise  $161.74 \pm 0.56$   $\mu\text{mol TE/g DW}$  olarak belirlenmiştir. Geçmiş çalışmalarda 4 farklı kuşburnu türünün DPPH’ a ait  $\text{IC}_{50}$  değerlerinin 27.1-113.8  $\mu\text{g DW/mL}$  arasında değiştiği belirtilmiştir (Fascella ve ark., 2019). Strugala ve ark. (2016) *Rosa canina* türü kuşburnu ile yapılan DPPH antioksidan testinde  $\text{IC}_{50}$  değerini 33.5  $\mu\text{g /mL}$  olarak tespit etmişlerdir. Nadpal ve ark. (2014) ise meyvede farklı çözümlerle ekstraksiyon işlemi gerçekleştirmiş olup; metanol ekstraktlarında DPPH için  $\text{IC}_{50}$  değerinin 21.7  $\mu\text{g DW/mL}$  olduğunu ifade etmişlerdir. DPPH antioksidan testlerinde elde edilen sonuçlar literatürle uyum göstermektedir.

Su ve ark. (2007) ekstraksiyon aşamasında farklı çözümler kullanmış ve %50 aseton ekstraksiyonu sonucunda 379  $\mu\text{mol TE/g DW}$  sonuç elde ederken; %80 metanol ekstraksiyonu sonrasında ise 190  $\mu\text{mol TE/g DW}$  aktivite elde etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Türkiye’de yetişmiş *Rosa canina* türüne ait kuşburnu meyvelerinin ABTS değerini 35.51  $\mu\text{mol/g DW}$  olarak hesaplamışlardır (Demir ve ark., 2014). ABTS değerleri dikkate alındığında mevcut çalışmada kullanılan kuşburnu meyvelerinin oldukça yüksek antioksidan aktivite sergilediği söylenebilir.

### 3.2. Meyve Ekstraktının Antimikrobiyal Aktivitesi

Bitkisel ekstraktların antimikrobiyal aktivitesinin fenolik bileşimden etkilendiği bilinmektedir (Yi ve ark., 2007). Ayrıca flavonoid ve tanninler gibi polifenol grupları da önemli derecede antibakteriyel etki sergilemektedir. Bu bileşiklerin antimikrobiyal aktivitesi, bakterilerin hücre duvarındaki ekstraselüler ve çözünebilir proteinlerle kompleks oluşturma yeteneklerinden ileri gelmektedir (Moşanu ve ark., 2018).

10 farklı mikroorganizma türü üzerinde 10-250 mg/mL arasında değişen oranlarda kuşburnu meyve ekstraktı uygulanmış olup sonuçlar Tablo 1'de mm inhibisyon çapı olarak verilmiştir. Negatif kontrol denemelerinde herhangi bir inhibisyon gözlenmemesi antimikrobiyal aktivite testinde kullanılan çözgen ve dilüentlerden kaynaklı bir inhibisyon oluşmadığının kanıtı olarak görülmektedir. Kuşburnu ekstraktının, 100 mg/mL ve altındaki konsantrasyonlarda test edilen mikroorganizmalar üzerinde antimikrobiyal etki göstermediği tespit edilmiştir. 250 mg/mL ekstrakt uygulandığında ise *S. aureus*, *L. monocytogenes* ve *B. subtilis*'de sırasıyla 9, 10 ve 12 mm inhibisyon çapı oluşmuştur. G<sup>-</sup> bakteriler ve maya türlerinde ise denenen konsantrasyonlarda ekstraktın antimikrobiyal etkisi gözlenmemiştir.

**Tablo 1.** Kuşburnu ekstraktlarının *in vitro* antimikrobiyal test sonuçları (mm inhibisyon çapı)

Grup	Mikroorganizma	Ekstrakt (mg/mL)		Pozitif Kontrol (1 mg/mL)		Negatif Kontrol	
		<250	250	AC	GM	IC	%10 DMSO
G <sup>+</sup> bakteriler	<i>B. subtilis</i> (DSMZ 1971)	İG*	12	63	45	TE**	İG
	<i>L. monocytogenes</i> (ATCC 7644)	İG	10	37	38	TE	İG
	<i>E. faecalis</i> (ATCC 29212)	İG	İG	40	17.5	TE	İG
	<i>S. aureus</i> (RSHM 1021/06008)	İG	9	42	35.5	TE	İG
G <sup>-</sup> bakteriler	<i>E. coli</i> (ATCC 25922)	İG	İG	21	26	TE	İG
	<i>S. enteritidis</i> (ATCC 13076)	İG	İG	30.5	30.5	TE	İG
	<i>P. aeruginosa</i> (DSM 50071)	İG	İG	İG	31	TE	İG
	<i>K. pneumoniae</i>	İG	İG	İG	25.5	TE	İG
Mayalar	<i>S. cerevisiae</i> (PYCC 2503)	İG	İG	TE	TE	İG	İG
	<i>C. albicans</i> (ATCC 90028)	İG	İG	TE	TE	11	İG

\* İG : İnhibisyon gözlenmedi, 8 mm inhibisyon çapının altında kalan değerlerde antimikrobiyal aktivitenin bulunmadığı şeklinde değerlendirilmiştir.

\*\* TE : Test edilmedi, pozitif kontrol denemelerinde bakterilerde antifungal, mayalarda ise antibiyotik testi uygulanmamıştır.

Hücre duvar yapısındaki farklılığa bağlı olarak G<sup>+</sup> türlerin, G<sup>-</sup> türlere kıyasla meyve ekstraktlarına daha duyarlı olduğu bilinmektedir (Yi ve ark., 2007; Moşanu ve ark., 2018). G<sup>-</sup> bakterilerde, G<sup>+</sup> türlerde bulunmayan bir dış membran ve periplazmik boşluk yer almaktadır. Lipopolisakaritlerden oluşan dış membran antibakteriyel maddelere karşı daha fazla direnç sağlamaktadır. Ayrıca yapısında yüksek oranda fosfolipid bulundurması hücre geçirgenliğinin de azalmasına sebep olmaktadır (Moşanu ve ark., 2018). Denev ve ark. (2014) test ettikleri 11 mikroorganizma türü arasında kuşburnu ekstraktlarına en duyarlı türlerin *S. aureus* ve *P. vulgaris* olduğunu belirlemiş ve 8-12 mm arasında inhibisyon çapı belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada ise 3 bakteri türü arasında (*K. pneumoniae*, *E. coli* ve *S. aureus*) kuşburnu ekstraktına en hassas türün yine *S. aureus* olduğu tespit edilmiştir (Moşanu ve ark., 2018). Bu bağlamda elde edilen sonuçlar geçmiş literatür çalışmalarını destekler niteliktedir.

## SONUÇ

Son zamanlarda, tüketicilerin doğal ürünlere olan talebi giderek artmaktadır. Gıda ve farmasötik endüstrisi bu talebi karşılamaya yönelik bitkisel kökenli antioksidan bileşikleri ve antimikrobiyal maddeleri yoğun olarak kullanmakta ve doğal biyoaktif bileşenler hızla yapay muadillerinin yerini almaktadır. Bu çalışmada kuşburnu meyvesinin toplam fenolik miktarı ile birlikte *in vitro* koşullarda antioksidan ve antimikrobiyal aktiviteleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kuşburnu meyvesinin toplam fenolik içeriğine bağlı olarak yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Metanolik ekstraktlarının ise Gram pozitif bakteri türlerinin gelişimini inhibe ettiği tespit edilmiştir. Gerek toplam fenolik içeriği gerekse biyoaktivite sonuçları göz önüne alındığında kuşburnu meyvesinin gıda ve farmasötik endüstrisinde kullanılan bitkisel ürün çeşitliliğine katkı sağlayabileceği öngörülmektedir. Ayrıca ortaya konan sonuçların yapılacak yeni çalışmalarda araştırmacılar için yol gösterici nitelikte olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Andronie L, Holonec L, Pop I, Truta AM, Odagiu A, Salagean T, Sobolu R, Coroian A, Balta I, Şuba EE 2019. Antioxidant capacity of several Romanian forest fruits (*Rosa canina* L., *Prunus spinosa* L., *Vaccium vitis-idaea* L. and *Cornus mas* L.) Not Bot Horti Agrobo, 47(4): 1178-1184. doi:10.15835/nbha47411709
- Boulaaba M, Snoussi M, Saada M, Mkadmini K, Smaoui A, Abdelly C, Ksouri R 2015. Antimicrobial activities and phytochemical analysis of *Tamarix gallica* extracts. Industrial Crops and Products, 76: 1114-1122. doi: 10.1016/j.indcrop.2015.08.020
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C 2005. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Science and Technology, 28: 25-30.
- Demir N, Yildiz O, Alpaslan M, Hayaloglu AA 2014. Evaluation of volatiles, phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (*Rosa* L.) fruits in Turkey. LWT - Food Science and Technology, 57: 126-133.
- Denev P, Kratchanova M, Ciz M, Lojek A, Vasicek O, Nedelcheva P, Blazheva D, Toshkova R, Gardeva E, Yossifova L, Hyrsil P, Vojtek L 2014. Biological activities of selected polyphenol-rich fruits related to immunity and gastrointestinal health, Food Chemistry, 157: 37-44. doi: 10.1016/j.foodchem.2014.02.022
- Dolek U, Gunes M, Genc N, Elmastas M 2018. Total phenolic compound and antioxidant activity changes in rosehip (*Rosa* sp.) during ripening. Journal of Agricultural Science Technology, 20: 817-828.
- Ersoy N, Bagci Y, Zenginbal H, Ozen MS, Elidemir AY 2015. Antioxidant properties of Rosehip fruit types (*Rosa canina* sp.) selected from Bolu-Turkey. International Journal of Science and Knowledge, 4(1): 51-59.
- Fascella G, D'Angiolillo F, Mammano MM, Amenta M, Romero FV, Rapisarda P, Ballistreri G 2019. Bioactive compounds and antioxidant activity of four rose hip species from spontaneous Sicilian flora. Food Chemistry, 289: 56-64. doi: 10.1016/j.foodchem.2019.02.127
- Jimenez S, Moreno NJ, Luquin A, Laguna M, Yoldi MJR, Azpilicueta CA 2017. Chemical composition of rosehips from different *Rosa* species: an alternative source of antioxidants for the food industry. Food Additives & Contaminants, 34(7): 1121-1130. doi: 10.1080/19440049.2017.1319071
- Kan A, Özçelik B, Kartal M 2009. *In vitro* antiviral activities under cytotoxic doses against herpes simplex type-1 and parainfluenza-3 viruses of *Cicer arietinum* L. Afr J Pharm Pharmacol, 3(12): 627-631.
- Karabulut I, Bilenler T, Sislioglu K, Gökbulut I, Seyhan F, Ozdemir IS, Ozturk B 2018. Effect of fruit canopy positions on the properties of apricot (*Prunus armeniaca* L.) varieties. Journal of Food Biochemistry, 42: e12458.
- Koca I, Ustun NS, Kyuncu T 2009. Effect of drying conditions on antioxidant properties of rosehip fruits (*Rosa canina* sp.). Asian Journal of Chemistry, 21(2): 1061-1068.
- Koczka N, Banyai ES, Ombodi A 2018. Total polyphenol content and antioxidant capacity of rosehips of some *Rosa* species. Medicines, 5: 84. doi:10.3390/medicines5030084
- Kraujalytė V, Venskuonis P-R, Pukalskas A, Česonienė & Daubaras T 2013. Antioxidant properties and polyphenolic compositions of fruits from different European cranberry bush (*Viburnum opulus* L.) genotypes. Food Chemistry, 141: 3695-3702.
- Moşanu AG, Cojocari D, Balan G, Sturza R 2018. Antimicrobial activity of rose hip and hawthorn powders on pathogenic bacteria. Journal of Engineering Science, 25(4): 100-107. DOI: 10.5281/zenodo.2576764

- Murathan ZT, Zarifikhosroshahi M, Kafkas E, Sevindik E 2016. Characterization of bioactive compounds in rosehip species from East Anatolia region of Turkey. *Italian Journal of Food Science*, 28: 314-325.
- Nadžpal JD, Lesjak MM, Šibul FS, Anačkov GT, Četojević-Simin DD, Mimica-Dukić NM, Beara IN 2016. Comparative study of biological activities and phytochemical composition of two rose hips and their preserves: *Rosa canina* L. and *Rosa arvensis* Huds. *Food Chemistry*, 192: 907-914.
- Nakamura Y, Watanabe S, Miyake N, Kohno H, Osawa T 2003. Dihydro chalcones evaluation as novel radical scavenging antioxidants. *J.Agric. Food Chem.*, 51: 3309-3312.
- Nejad BS, Rajabi M, Mamoudabadi AZ, Zarrin M 2014. *In vitro* anti-*Candida* activity of the hydroalcoholic extracts of *Heracleum persicum* fruit against pathogenic *Candida* species. *Jundishapur J Microbiol.*, 7(1): e8703.
- Okeke MI, Iroegbu CU, Eze EN, Okoli AS, Esimone CO 2001. Evaluation of extracts of the root of *Landolphia owerrience* for antibacterial activity. *Journal of Ethnopharmacology*, 78: 119-127.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology & Medicine*, 26: 1231-1237.
- Roman I, Stanila A, Stanila S 2013. Bioactive compounds and antioxidant activity of *Rosa canina* L. biotypes from spontaneous flora of Transylvania. *Chemistry Central Journal*, 7: 73.
- Samy RP, Gopalakrishnakone P 2010. Therapeutic potential of plants as anti-microbials for drug discovery. *Evid Based Complement Alternat Med*, 7: 283-294.
- Strugala P, Gladkowski W, Kucharska AZ, Letowska AS, Gabrielska J 2016. Antioxidant activity and anti-inflammatory effect of fruit extracts from blackcurrant, chokeberry, hawthorn, and rosehip, and their mixture with linseed oil on a model lipid membrane. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.*, 118: 461-474. doi: 10.1002/ejlt.201500001
- Su L, Yi JJ, Charles D, Zhou K, Moore J, Yu L 2007. Total phenolic contents, chelating capacities, and radical-scavenging properties of black peppercorn, nutmeg, rosehip, cinnamon and oregano leaf. *Food Chemistry*, 100: 990-997. doi: 10.1016/j.foodchem.2005.10.058
- Taneva I, Petkova N, Dimov I, Ivanov I, Denev P 2016. Characterization of rose hip (*Rosa canina* L.) fruits extracts and evaluation of their *in vitro* antioxidant activity. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(2): 35-38.
- Tapiero H, Tew KD, Ba GN, Mathe G 2002. Polyphenols: do they play a role in the prevention of human pathologies? *Biomed. Pharmacother.* 56: 200-207.
- Türkben C, Uylaşer V, İncedayı B, Çalikkol I 2010. Effects of different maturity periods and processes on nutritional components of rose hip (*Rosa canina* L.). *Journal of Food, Agriculture & Environment* 8(1): 26-30.
- Yılmaz SO, Ercisli S 2011. Antibacterial and antioxidant activity of fruits of some rose species from Turkey. *Romanian Biotechnological Letters*, 16(4): 6407-6411.
- Yi O, Jovel EM, Towers GHN, Wahbe TR, Cho D 2007. Antioxidant and antimicrobial activities of native *Rosa* sp. from British Columbia, Canada. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58(3): 178-189. doi: 10.1080/09637480601121318

## A novel electronically tunable phase shifter design for GLONASS frequency band applications

Hacer Danaci, Betül Gerek, Merih Palandoken\*

Izmir Katip Celebi University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Izmir, Turkey.

\* Corresponding author e-mail: merih.palandoken@ikc.edu.tr

### Abstract

RF phase shifters are widely used as one of the important microwave components for the structural design of radar systems, 5G communication networks and warfare systems to intentionally vary the phase angle of the transmitted signal with reference to RF input signal. Electronically tunable phase shifters can be utilized to provide a continuous phase shifting range to modify the radiation pattern of a phased array antenna with the utilization of varactor diodes. In this paper, the proposed tunable phase shifter based on electronically tuning of only two varactor diodes has been designed in GPS frequency band for the beamforming of a GPS antenna to be used in GLONASS L2 frequency band (1.242-1.248 GHz) applications. Proposed compact phase shifter having the overall physical size of 19.36 mm x 5.07 mm ( $0.097\lambda \times 0.025\lambda$ ) is numerically modelled on FR-4 substrate in CST Microwave Studio. The return loss values of electronically tunable phase shifter are greater than 15 dB whereas the insertion loss values are less than 0.5 dB in the entire frequency band between 1.242 to 1.248 GHz with the size reduction of 61.02% compared to the conventional phase shifter. The electronically tunable phase shifter has a phase tuning range of  $33^\circ$  at the center frequency of 1.245 GHz for the reverse varactor voltages of between 2 V to 20V.

**Keywords:** Phase shifter, GLONASS L2 frequency band application, Size reduction.

### INTRODUCTION

There have been a great deal of interest in the construction of RF phase shifters recently. RF phase shifters are one of the microwave components used in the structural design of radar systems, 5G communication networks, and combat systems used to deliberately change the phase angle of the transmitted signal to the RF input signal. Over the last few years, although different technology such as Micro Electro Mechanical System (MEMS) [11], Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) [13], Printed Circuit Board (PCB) [1-10] have been used for electrically tunable, PCB have been extensively worked to ensure cost efficiency. Reconfiguration of the phase shift provided by using several means such as varactor diode [10,14], ferroelectric tunable capacitor [8], mechanical tools [12].

Srinivasa P and others proposed discusses the design and development of low loss dual mode PIN diode phase shifter in MIC configuration for medium power scanned array radar. The paper discusses the design topologies to achieve the low loss in the phase shift bits and a hybrid innovative 3 diode configuration. The Phase shifter is designed to achieve 1.7 dB insertion losses in six-bit configuration for 12% of bandwidth at S band of frequency operation. The paper also reports a novel concept of realizing a  $180^\circ$  phase shift bit using a planar folded dipole with switched inputs realized using PIN diodes. The design incorporates the inherent  $180^\circ$  phase reversal of RF signal, which can be obtained by reversing the signal path through folded dipole arms. The planar folded dipole makes the design attractive. The integrated phase shift bit and folded dipole design promises a compact and low loss topology. The design topology to realize a  $180^\circ$  phase shift bit considering the dipole input impedance and incorporation of radial stubs for wideband matching are discussed with the practical measured results in detail [1].

Girdhari Chaudhary and others proposed a tunable differential phase shifter with wideband flat phase characteristics. The proposed structure consists of a power dividing circuit and two 3-dB hybrids. To achieve the tunable flat phase characteristics over a wide bandwidth (BW), the coupled and through ports of one hybrid is terminated with short-circuited transmission lines (TLs), whereas those of another hybrid are terminated with a TL and varactor diode. For experimental validation, the proposed structure was designed and fabricated at a center frequency of 2.5 GHz. From the measurement results, the fabricated circuit provided a tunable differential phase shift range of  $89^\circ$  to  $193^\circ$  with a maximum in-band phase error of  $\pm 8.6^\circ$  over a BW of 1 GHz [9].

Boram and others proposed a design for a wideband reflection-type tunable phase shifter (RTPS) with a low in-band phase deviation error. The proposed RTPS consists of a 3-dB hybrid where a through port and a coupled port are terminated with coupled lines, varactor diodes, and a capacitor. The measured capacitance of the varactor diodes was used in the analysis to take into account the in-band phase deviation error caused by the parasitics of the varactor diode. The analysis shows that the desired phase shifting range (PSR) and a low in-band phase deviation error can be obtained by properly selecting the characteristic impedance and coupling coefficient of the coupled line and load capacitance. The experimental results show that the fabricated RTPS provides a PSR of  $146.93^\circ$  at 2.5 GHz and an inband phase deviation error of  $\pm 5.79^\circ$  within 500 MHz. Moreover, the input–output return losses are higher than 15.76 dB, and the insertion loss is smaller than 1.29 dB within the operating frequency band [10].

Vendik and others proposed a tunable capacitor based on a ferroelectric thin film grown on a dielectric substrate is a promising component for reconfigurable and tunable devices for numerous RF and microwave applications such as phase shifters, tunable filters, and tunable matching networks. The goal of this paper is characterization of the insertion loss in a reflection-type microwave phase shifter based on the ferroelectric tunable capacitor. The reflection-type phase shifter based on ferroelectric planar tunable capacitor was designed, manufactured, and tested. Its simulated and measured insertion loss and phase shift are compared. Two loss mechanisms in the phase shifter were distinguished: the loss in the tunable capacitor and the loss in the associated circuitry (metallization and substrate). The properly organized investigations of the dissipation of energy in metallization and dielectric substrate can result in a sufficient improvement of the quality of the devices. As a final result, one may anticipate that the figure-of-merit of a ferroelectric tunable or switchable phase shifter can reach 200 deg/dB [8].

Zhang and others proposed two kinds of waveguide phase shifters applied in phased-array antennas are investigated. In order to enhance the power handling capacity to alternate the traditional ones, both phase shifters are designed mechanically, with no dielectric introduced. By adjusting the length of the inserting metal fin, the waveguide-inserting-fin phase shifter can realize a 360 degree phase shift. For side slot-waveguide phase shifter, the 360 degree phase shift is achieved through adjusting the position of the metal choke plunger placed at the end of the 3dB power divider. Simulation results show that the transmission efficiency of both phase shifters is over 99% and the power handling capacities are both over 50MW in vacuum. Combined with the slot-array antenna, the side slot-waveguide phase shifter is tested. The experimental results verify the feasibility and the high power handling capacity of the phase shifter [12].

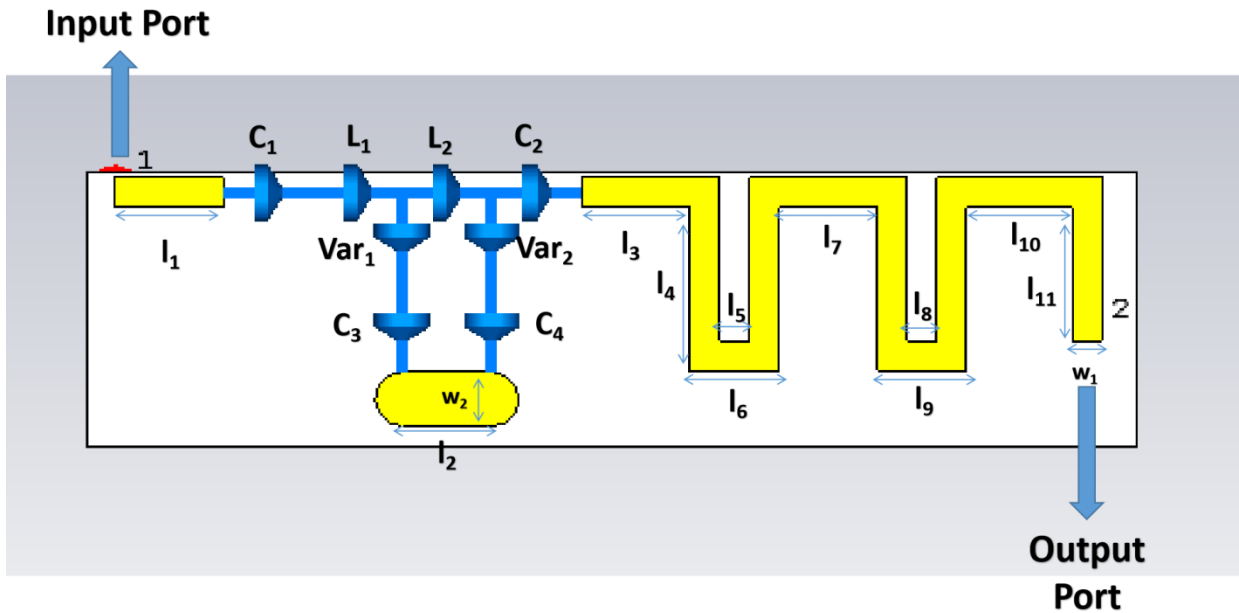
The military systems operate in a very wide frequency range, one of the frequency band of the military system is GLONASS frequency band there is need phase shifter for GLONASS L2 frequency band. This paper presents the planar and electronically tunable phase shifter by using only two varactor diode. System of the tunable phase shifter provided the user to operate phase shift. Phase shift of the proposed phase shifter is range to  $33^\circ$  at center frequency of the GLONASS L2 band. Proposed compact phase shifter having the overall physical size of 19.36 mm x 5.07 mm ( $0.097\lambda \times 0.025\lambda$ ) is numerically modeled on FR-4 substrate in CST Microwave Studio. The return loss values of electronically tunable phase shifter are greater than 15 dB whereas the insertion loss values are less than 0.5 dB in the entire frequency band between 1.242 to 1.248 GHz with the size reduction of 61.02% compared to the conventional phase shifter.

The paper is organized as the follows. The phase shifter structure, principle of working and design of proposed phase shifter structure are presented in the materials and methods section. In the result and discussion section, the simulation results are represented. Section conclusion concludes the paper.

## PROPOSED PHASE SHIFTER DESIGN

The proposed tunable phase shifter's the circuit configurations is shown in Fig. 1. The circuit parameters and main physical dimension are tabulated in Table 1. The tunable phase shifter was designed on FR4 substrate in the CST Microwave Studio numerical calculation program having loss tangent, dielectric constant and height of 0.025, 4.3, and 1.61 mm respectively. The overall dimension of designed coupler as 19.36 mm x 5.07 mm ( $0.097\lambda \times 0.025\lambda$ ).





**Figure 1:** The Circuit Configurations Of Proposed Phase Shifter

The varactor diode has the feature to behave as a capacitor whose capacitance varies depending on the voltage applied to its terminals when it is reverse biased. The main characteristic of a varactor diode is its capacity variation range for a given reverse voltage range. A varactor diode can be considered as a variable capacitor controlled by a voltage. The varactor diode is used as an active element tuning the phase-shifting by adjusting the input DC voltage. To use a varactor in simulation, we just need to identify the same values of the parameters that give a similar value of the diode to that given by the manufacturer. SMD capacitors are incorporated within the structure in order to protect the DC supply to Network Vector Analyzer from DC current, in addition to having an effect on the size reduction. SMD capacitor values are 20 pF, and inductance values are 3.3 nH.

**Table 1.** Geometrical Parameter of Numerical Directional Coupler Structure with Dimension

Symbol	Value(mm)
w <sub>1</sub>	0.55
w <sub>2</sub>	1
l <sub>1</sub>	2
l <sub>2</sub>	1.65
l <sub>3</sub>	2
l <sub>4</sub>	3
l <sub>5</sub>	0.55
l <sub>6</sub>	1.65
l <sub>7</sub>	1.80
l <sub>8</sub>	0.55
l <sub>9</sub>	1.65
l <sub>10</sub>	1.95
l <sub>11</sub>	2.45

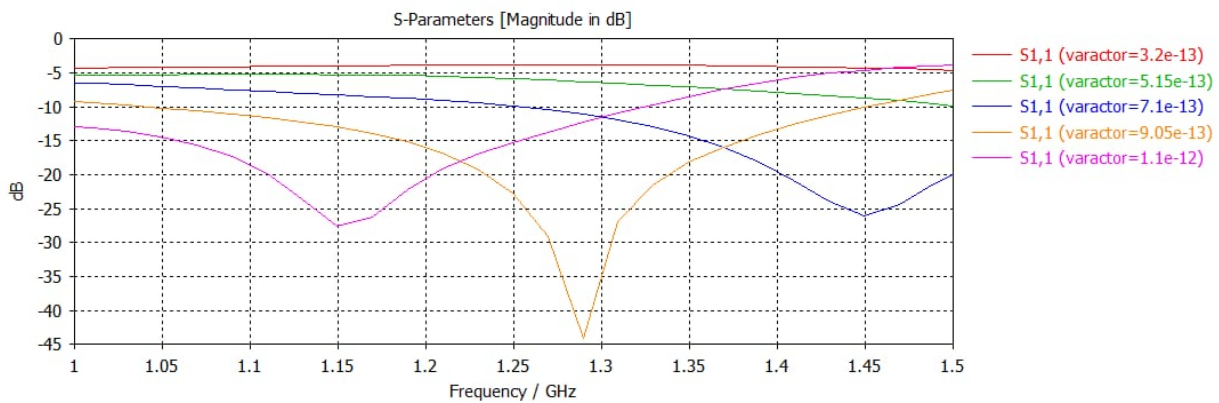
The junction capacitance  $C_j$  of the diode varies with the reverse voltage applied to its terminals. It is given by Eqs. (1) :

$$C_j(V_j) = \frac{C_{j0}}{\left(1 - \frac{V_j}{\phi}\right)^M}$$

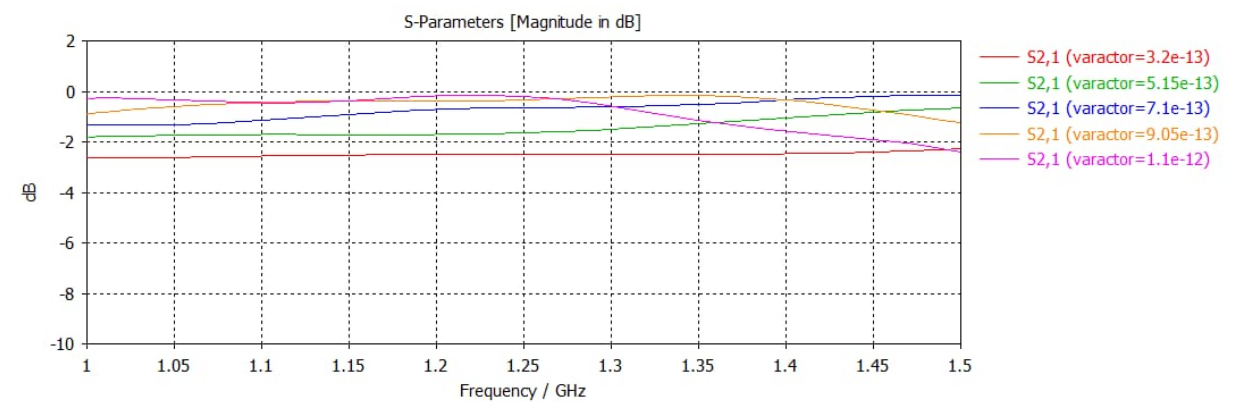
where  $V_j$  is the reverse voltage applied across the diode, and  $C_{j0}$ ,  $\Phi$ , and  $M$  are the zero-bias junction capacitance, the fitted barrier potential, and the gradient coefficient, respectively. In this paper, in the designing of the phase shifter, a reference Varactor diode is SMV2019 from Skyworks Solutions Inc. (SVM2019)[15]. It provides a tunable capacitance range from 2.2 to 0.3 pF with reverse voltages varying between 0 and 20 V.

## RESULTS and DISCUSSION

Proposed compact phase shifter having the overall physical size of 19.36 mm x 5.07 mm ( $0.097\lambda \times 0.025\lambda$ ) with the size reduction of 61.02% compared to the conventional phase shifter. Phase shifter is numerically modeled on FR-4 substrate in CST Microwave Studio. S-parameters are show in figure 2 and 3 with the illustrates of good performances for the phase shifter. The return loss values of electronically tunable phase shifter are greater than 15 dB as shown in Figure 2 whereas the insertion loss values are less than 0.5 dB in the entire frequency band between 1.242 to 1.248 GHz as shown in Figure 2.

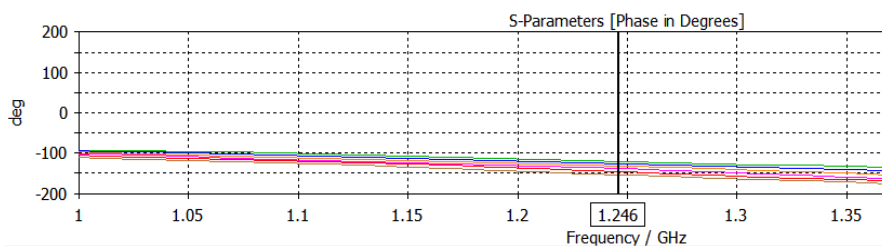


**Figure 2:** Return Loss for Different Varactor Diode Values



**Figure 3:** Insertion Loss for Different Varactor Diode Values

The electronically tunable phase shifter has a phase tuning range of  $33^\circ$  at the center frequency of 1.245 GHz as shown in Figure 4 for the reverse varactor voltages of between 2 V to 20V.



**Figure 4:** Phase Shifting for Different Values of the Varactor Diodes

## CONCLUSION

In this work have been presented a tunable analog phase shifter loaded by two varactor diodes operating in the GLONASS L2 band, which is suitable for beam steering and phased array antennas. The proposed phase shifter is able to provide continuous tunable phase shifts only by adjusting the capacitance of the varactor diode. In the CST Microwave Studio have been implemented the circuit and obtained good performance in terms of insertion loss, return loss and phase shift. The electronically tunable phase shifter has a phase tuning range of  $33^\circ$  at the center frequency of 1.245 GHz for the reverse varactor voltages of between 2 V to 20V.

In the next stages, firstly it will be presented the planar and electronically tunable phase shifter by using varactor diode whose biasing network is bluetooth-controlled via a Raspberry Pi 3 B+ microcontroller. System of the tunable phase shifter provided the user to operate phase shift. And then, it is aimed that the designed phase shifter will be implemented phase array antenna structures to steer the beam of signal.

## REFERENCES

- [1] P Srinivasa, Anil Kumar Singh, Ashish Sharma, Shibam K Koul, "Design of a novel S band dual mode low loss high power PIN diode phase shifter with planar folded dipole configuration", 2011 IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (COMCAS 2011), Nov. 2011.
- [2] L.Z. You, W.B. Dou, "Design And Optimization Of Planar Waveguide Magic Tee At W-band", 2007 International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology, April 2007.
- [3] N. Honma, T. Maruyama, T. Hori, "Proposal of triangular dielectric phase-shifter and design method considering loss minimization for offset beam planar antenna", IEEE Antennas and Propagation Society International Symposium. 2001 Digest. Held in conjunction with: USNC/URSI National Radio Science Meeting (Cat. No.01CH37229), Aug. 2002.
- [4] Saeed A. AL Dweik, Mohammad S. Sharawi, "Investigating Two Minimized Phase Shifter Methods for a Planar Phased Array", 2014 Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC), Nov. 2014.
- [5] Wu Yangsheng, Hou Fuping, Kong Dewu, "Design of broadband planar magic-T using 3-dB branch-line coupler and phase shifter", Proceedings of 2014 3rd Asia-Pacific Conference on Antennas and Propagation, July 2014.
- [6] Anthony Barison, Prafulla Doe, Dariush Mirshekar-Syahkal, "A Switched Beam 60 GHz  $2 \times 2$ -Element Planar Antenna Array", The 8th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2014), Sept. 2014.
- [7] Amin M. Abbosh, "Broadband Fixed Phase Shifters", IEEE Microwave and Wireless Components Letters, vol. 21, no: 1, pp. 22-24, Jan. 2011.
- [8] Orest G. Vendik, "Insertion Loss in Reflection-Type Microwave Phase Shifter Based on Ferroelectric Tunable Capacitor", IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques vol. 55, no: 2, pp. 425-429, Feb. 2007.
- [9] Girdhari Chaudhary, Yongchae Jeong, "Wideband Tunable Differential Phase Shifter With Minimized In-Band Phase Deviation Error", IEEE Microwave and Wireless Components Letters vol. 29, no: 7, pp. 468-470, July 2019.
- [10] Boram An, Girdhari Chaudhary, Yongchae Jeong, "Wideband Tunable Phase Shifter With Low In-Band Phase Deviation Using Coupled Line", IEEE Microwave and Wireless Components Letters vol. 28, no: 8, pp. 678-680, Aug. 2018.

- [11] Ahmed Khairy Aboul-Seoud, Ahmed Hamed, Alaa El-Din Sayed Hafez, “D5. Wideband tunable MEMS phase shifters for radar phased array antenna”, 2012 29<sup>th</sup> National Radio Science Conference (NRSC), June 2012.
- [12] Qiang Zhang, Chengwei Yuan, Lie Liu, “Studies on mechanical tunable waveguide phase shifters for phased-array antenna applications”, 2016 IEEE International Symposium on Phased Array Systems and Technology (PAST), Oct. 2019.
- [13] Mohamed A. Y. Abdalla, Khoman Phang, George V. Eleftheriades, “A Tunable Metamaterial Phase-Shifter Structure Based on a 0.13 $\mu$ m CMOS Active Inductor”, 2006 European Microwave Conference, Sept. 2006.
- [14] Rawia Ouali, Lotfi Osman, Tchanguiz Razban, Yann Mahé, “Design of electrically tunable phase shifter for antenna arrays operating in Ku-band”, 2015 IEEE 15th Mediterranean Microwave Symposium (MMS), 30 Nov.-2 Dec. 2015.
- [15][https://www.mouser.com.tr/datasheet/2/472/SMV2019\\_to\\_SMV2023\\_Series\\_200074Q-1079512.pdf](https://www.mouser.com.tr/datasheet/2/472/SMV2019_to_SMV2023_Series_200074Q-1079512.pdf)

## Analysis of major maritime accidents of Turkish flagged ships

Metin Taylan

Istanbul Technical University, Naval Architecture and Ocean Engineering Faculty 34469 Maslak,  
İstanbul, Türkiye

Corresponding author e-mail: taylan@itu.edu.tr

### Abstract

In this study, major maritime accidents occurred in Turkish waters involving Turkish flagged ships have been analyzed. Many maritime accidents happen all over the world regardless of ship type, location and cause. There has been a tremendous effort by the International Maritime Organization, IMO since its establishment to prevent marine accidents and environmental pollution in the aftermath. Although, the organization puts into force so many rules and regulations, it is not possible to prevent all the accidents and casualties. First of all, major accidents of Turkish flagged ships were detailed including the causes. Then, one of the most tragic accident of Turkish maritime history has been studied extensively. A passenger commuter ship Üsküdar was capsized and sank claiming around 203 lives most of which were students in 1958. Stability and safety of the ship has been analyzed again using advanced technology of the new century. It is the author's belief that some light has been shed on the cause of the accident based on the findings.

**Keywords:** Maritime accidents, marine pollution, stability, Üsküdar ship

### INTRODUCTION

Maritime transport is the most economical way of carrying goods and people around the world. Today, approximately 95% of the world trade is carried out by marine transport. Written Turkish maritime history dates back to Ottoman Empire especially in 15. and 16. centuries. The empire's naval fleet has sailed all around the World for so many years.

Shipbuilding activities in Anatolia has started by Selcuk Turks. The first known shipyards were located in Gemlik, Sinop and Alanya region having building capacity of a notable 100 ton ships of its time. It is known that, Ottoman empire had around 87 shipyards from 16. Century until the end of 17. Century at different places of the empire. Right after the conquer of Istanbul, a shipyard has been established. The first naval architecture school was opened within the shipyard by the name of "Mühendishane-i Bahri-i Hümayun" which constituted the foundation of today's Istanbul Technical University in 1773. Building of Gölcük shipyard was initiated in 1928 and postponed for a long time because of WW-II. Abidin Daver was the first commercial Turkish ship built at Camialtı shipyard.

Like in any other sector, accidents occur at sea resulting in loss lives and money despite all stringent national and international rules and regulations. The main causes of maritime accidents may be listed as capsizing, collision and fire in the order of severity. This work mentions major maritime accidents in Turkish waters or elsewhere involving Turkish flagged ships. One of the major accidents in Turkish maritime history has been analyzed scientifically using modern tools. This vessel is a passenger commuter Üsküdar which was capsized claiming many lives. It is the author's belief that the outcome of these analyses may give an idea about the causes which had been somewhat obscure back then.

### CAUSES AND STATISTICS OF MARITIME ACCIDENTS

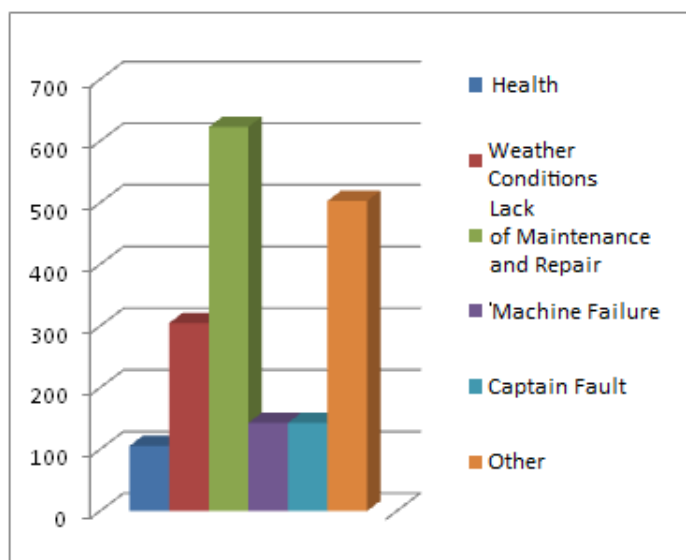
Sea transportation is a high-risk sector since it requires dangerous operations such as cargo handling, passage of risky waters etc. Most of the time human error is the foremost cause of maritime accidents like in other sectors. Because of its unique location, having two straits, namely Bosphorus and Dardanelles, separating Europe from Asia and connecting Black Sea to Aegean Sea, Turkish waters are extremely dangerous. In general, most of the maritime accidents occur along these passage ways in Turkey. Maritime accidents of ships in Turkish flag are shown in Table 1 between 2002-2013 (AAKMM, 2015). Causes of accidents in the same period are depicted in Figure 1. The figure

indicates that causes of accidents are very wide spread Although the causes of marine accidents reveal a variable pattern, the more major ones may be listed as follows (Taylan, 2016):

- Technical failures
- Navigational factors
- Human fault
- Cargo type
- Environmental factors
- Design and structural deficiencies

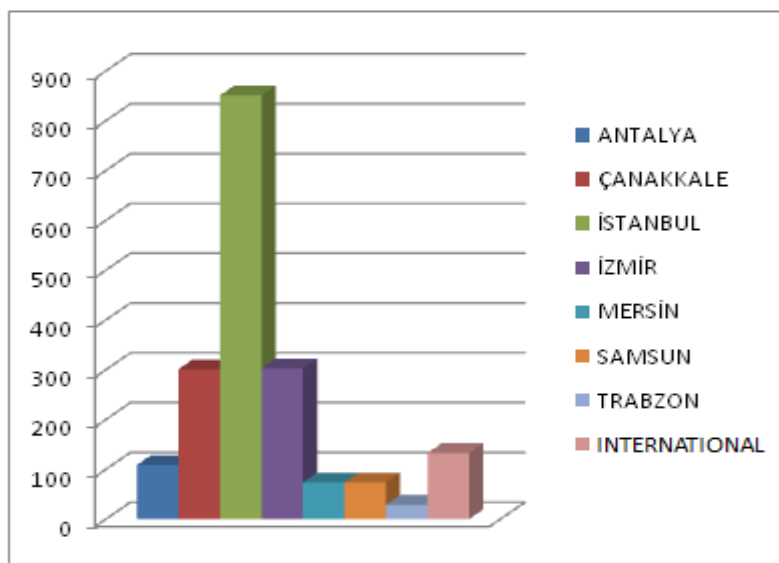
**Table 1.** Number of accidents in Turkey

Year	No. of Incidents	No. of Missing	No. of Deaths
2002	93	12	22
2003	115	2	6
2004	151	14	14
2005	147	14	10
2006	116	4	5
2007	117	11	13
2008	206	8	4
2009	171	2	9
2010	229	3	18
2011	161	11	9
2012	157	5	87
2013	116	9	8
2014	98	35	36
<b>Total</b>	<b>1877</b>	<b>130</b>	<b>241</b>



**Figure 1.** Causes of accidents

Figure 2 shows the regional distribution of marine accidents in Turkey. The Bosphorus and the Dardanelles Straits are considered two of the most dangerous passage ways not only in Turkey but in the world. The reason may be because of the limited physical conditions, maneuvering difficulties, excessive waves and currents and denial of a maritime pilotage etc. Finally, number and percentages of accidents are listed in Table 2 according to ship type.



**Figure 2.** Number of accidents by location

**Table 2.** Number and percentage of accidents by ship type

Ship type	Number	Percentage
Cargo	686	50.0
Yacht	242	17.7
Fishing	153	11.2
Passenger	134	9.8
Small Boat	85	6.2
Service Vessel	50	3.6
Others	21	1.5
<b>Total</b>	<b>1371</b>	<b>100</b>

## THE MOST TRAGIC MARITIME ACCIDENTS IN TURKISH HISTORY

Although there aren't many catastrophic maritime accidents happened in the history, Üsküdar ship accident may be the most tragic one in the commercial maritime history of Turkey claiming so many lives. Ertuğrul frigate was caught in very heavy weather around Kushimoto, Japan and capsized and sank in 1890. This was the deadliest maritime accident in Turkish flagged ships involving 587 deaths of marines. Another notable maritime accident was the capsizing of small LPG tanker Aygaz near Calamata bay off the coast of Mora peninsula in the Mediterranean Sea in 1969 (Taylan, 2005). Seventeen people perished in this catastrophic accident.

In the following sections, one of the above-mentioned accidents, namely Üsküdar has been analyzed within the scope of this study from engineering perspective (Tutel, 2005).

## ÜSKÜDAR ACCIDENT

Üsküdar was a small commuter ship sailing between İzmit-Gölcük back and forth (Koraltürk, 2007 and Güteryüz, 2002). At the time of accident in 1958, most of the passengers were high school students heading to Gölcük for the weekend holiday around noon on Saturday. En route to Gölcük, around Derince, the wheel house of the ship was blown off with the captain because of the heavy storm at the site abandoning the vessel uncontrolled, Figure 3. After a short while, in about a few minutes, the ship capsized and sank. Although the exact count of deaths is not known, the official number was declared to be 203 people.

The forecast on that day indicated wind speed of 60-80 knots creating 2 m. high waves. The ship was subjected to head quartering seas leading to accumulation of water on the deck. Insufficient scuppers were not able to drain water fast enough and prevent water flooding inside the ship.

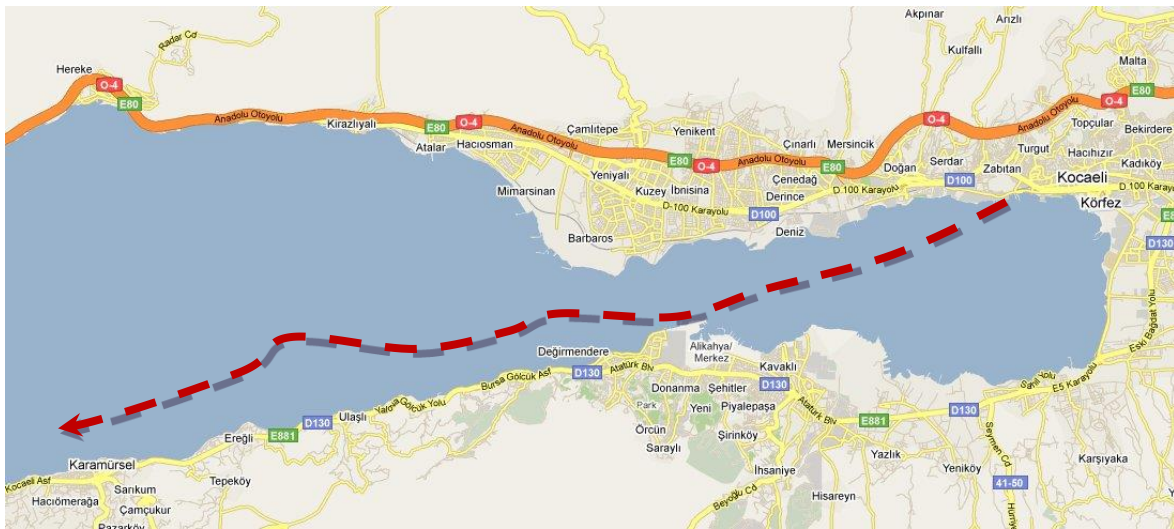
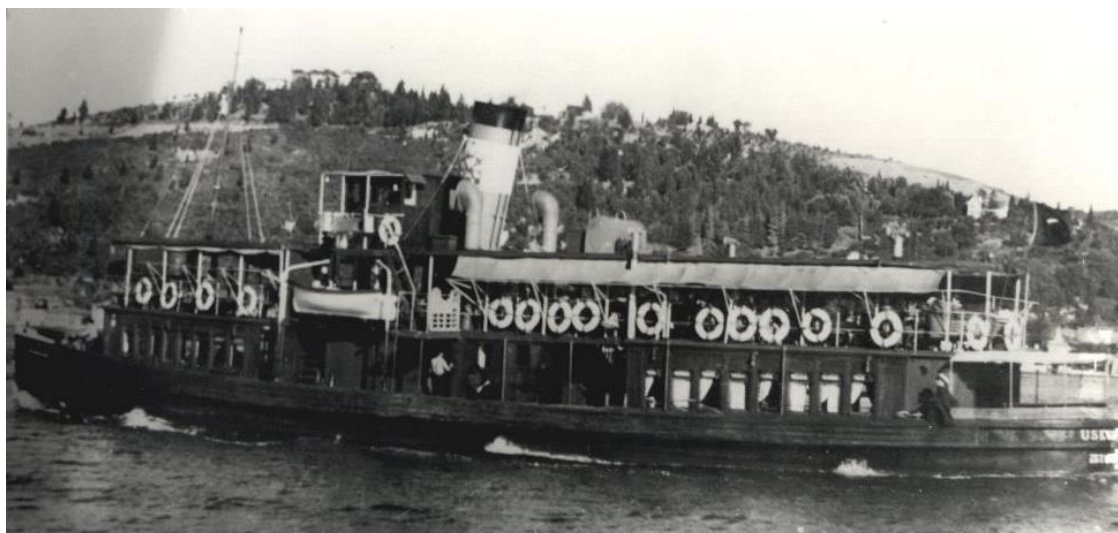


Figure 3. Route of Üsküdar

## Main Particulars of Üsküdar

The vessel was built in Elbing, F. Schichau GmbH shipyard in Germany in 1927. The length was elongated about 2.5 m. from the fore side, increasing the passenger capacity to 344. The ship had a steam propulsion system with 350 HP engine achieving a speed of 8 knots. A Picture and the general arrangement of the ship are given in Picture 1 and Figure 4 respectively.





Picture 1. A photograph of Üsküdar

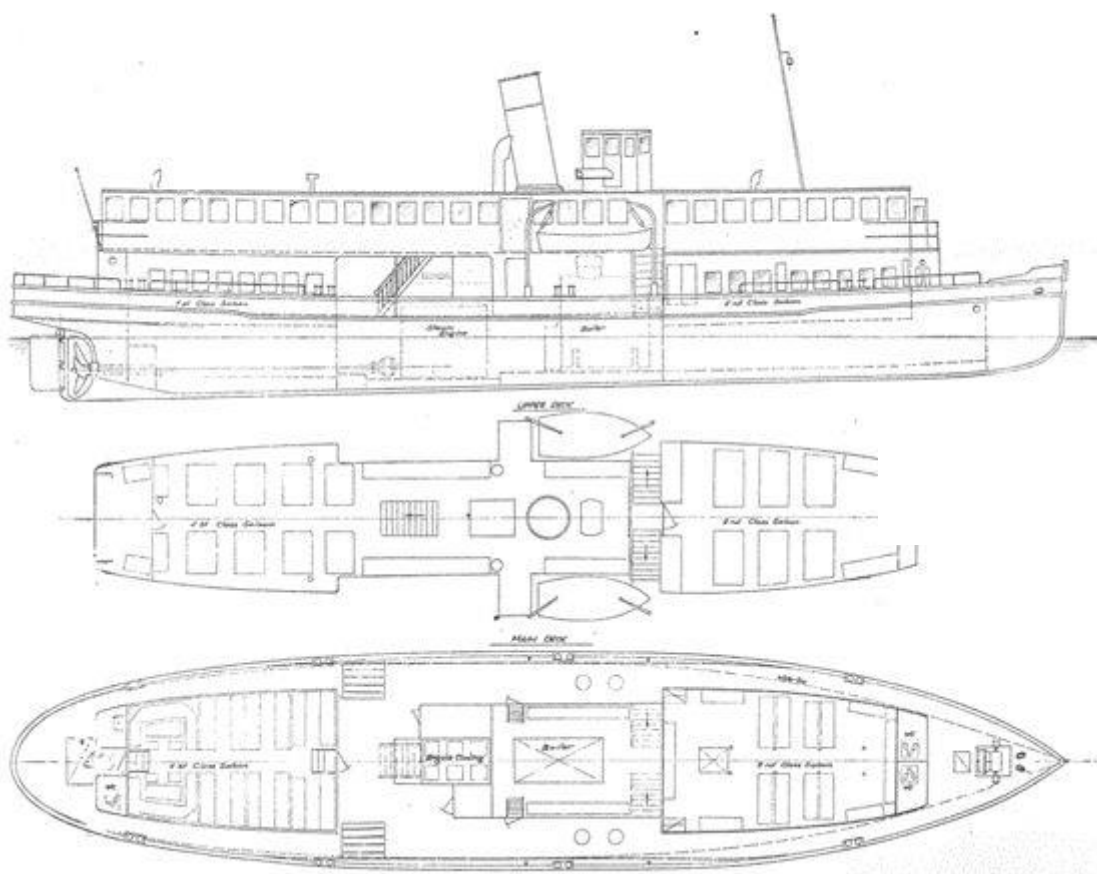


Figure 4. General arrangement of Üsküdar

**Dimensions of the ship:**

Length overall	LOA	= 35.10 m.
Length between perpendiculars	L <sub>BP</sub>	= 33.17 m.
Breadth	B	= 6.55 m. (at WL)
Depth	D	= 2.30 m.
Draft	T	= 2.10 m.

### Lightship characteristics:

$\Delta$  = 180.18 tons  
KG = 2.44 m.  
KM = 3.39 m.  
GM = 0.95 m.

Since exact loading condition is not known at the day of accident, the following was estimated using the data available:

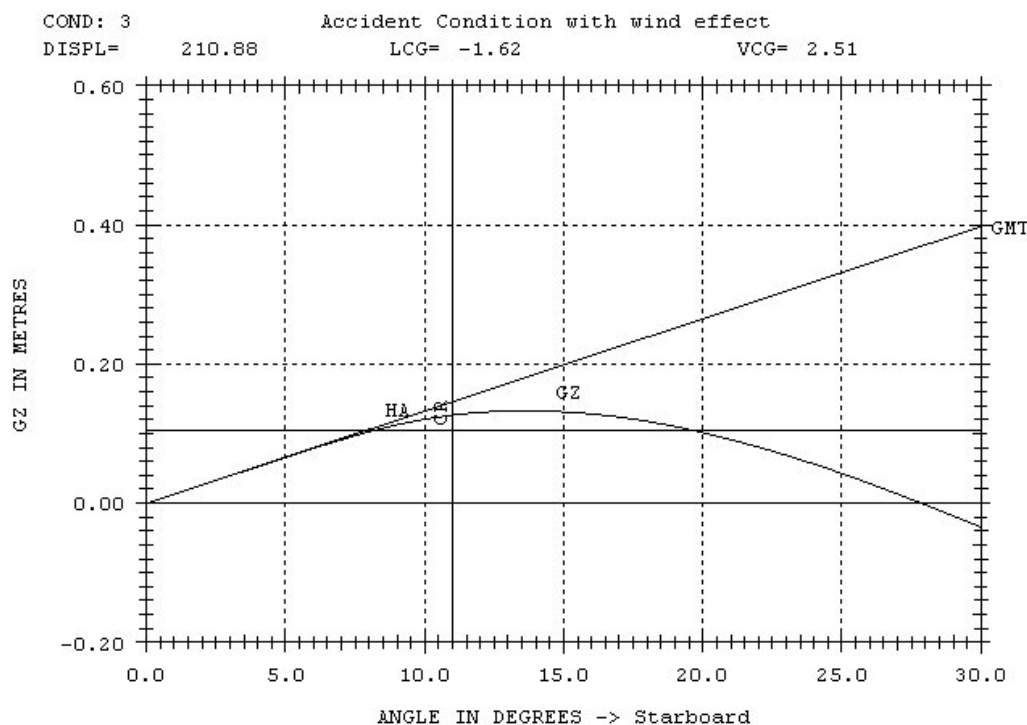
$\Delta$  = 210.88 tons.  
KG = 2.512 m.  
KM = 3.272 m  
GM = 0.760 m.  
 $T_0$  = 1.762 m.  
 $T_b$  = 1.697 m.  
 $T_k$  = 1.828 m.  
 $A_w$  = 167 m<sup>2</sup> (wind projection area)  
Crew and passengers: 243 (officially declared figure)

### STABILITY ANALYSIS OF ÜSKÜDAR

Today, every ship sailing at sea has to comply with national and/or international stability criteria adopted by the International Maritime Organization, IMO. These rules and regulations are updated constantly in time depending on the need and technology. Obviously, the stability criteria were quite different than today's rules. Thus, the stability of the ship has been analyzed with respect to the applicable criteria used today. The general criteria of IMO applicable to all ship types are outlined below:

GM  $\geq$  0.15 m.  
GZ<sub>30</sub>  $\geq$  0.20 m.  
GZ<sub>max</sub>  $\geq$  25<sup>0</sup>  
e<sub>30</sub> = 0.055 m.rad.  
e<sub>40</sub> = 0.090 m.rad.  
e<sub>30-40</sub> = 0.030 m.rad.

Following the accident, just a couple of scientific articles were published about the accident (Hanyaloğlu, 1966). In this study, stability of the ship has been analyzed both statically and in waves according to the applicable rules and regulations. A computer model of the ship was created using the best drawings available. Stability analysis of the ship was then carried out using a suitable professional software (Taylan, 2006).



**Figure 5.** Stability curve with the effect of wind

As it is seen from Figure 5, the ship does not satisfy IMO criteria which is applicable today. More ironically, it does not even satisfy the intact stability criteria used when it was built in 1927 (Kobylnski and Kastner 2003), (Nowacki, 2003).

If the wind effect is considered, the stability of Üsküdar gets even worse leading to 33 ton.m heeling moment and 8 degrees of statical heel on the ship. Under these circumstances the ship is prone to capsize even without the consideration of dynamic forces nor flooding, Figure 5. In other words, the ship does not possess any righting moment to upright itself.

## CONCLUSIONS

The most catastrophic maritime accident of Turkish history, namely Üsküdar accident, which occurred 62 years ago has been analyzed. The cause of the accident in which 300-400 people died as some speculated, was investigated by using today's computer technology and perspective.

First of all, the physical condition of the vessel had not been good when capsized at an age of 30. It may not even be considered as a sea-worthy ship by the form either. The scuppers at the deck were not sufficient to drain accumulated water. Furthermore, the windows on the passenger deck were not weathertight preventing water to get in harsh weather. It was claimed that the ship was not equipped with a sufficient number of life vests. On top of all these, the freeboard of the ship was quite low as well.

As a result of the stability analysis carried out in this study, the ship failed to comply with the applicable intact stability criteria of neither today nor the year of built. The stability of the vessel almost diminished entirely when the wind effect was taken into consideration. It was estimated that the heading of the ship was head seas to head quartering seas based on the weather cast en route. However, because of the blown off wheel house and loss of steering the probability that the ship was subject to beam wind was very high. This fact was also kept in mind throughout the calculations. The flood water assumed to enter the 2. class passenger hall further worsened the stability because of extra weight and free surface effects. Since the intact stability of the ship was insufficient, it was presumed redundant to evaluate dynamical stability of the ship.

Another reason may be related to the capsizes would be the lack of technology in meteorological forecasting. If the weather forecast had been accurate, the voyage of the ship would have been postponed or cancelled. Finally, it is believed that these type accident re-evaluations will help the authorities to improve the rules and regulations in all aspects of shipbuilding towards accident prevention.

## **REFERENCES**

- AAKKM 2015. Kaza/Olay istatistikleri. <http://aakkm.udhb.gov.tr/>
- Gülyüz A 2002. Şirket-i Hayriyenin Boğaziçi vapurları. Denizler Kitabevi.
- Hanyaloğlu H 1966. Stability of ships in longitudinal waves and the determination of stability by equivalent section method, İTÜ Gemi Enstitüsü Bülteni, Sayı 16.
- Hanyaloğlu H 1966. Boy istikametinden gelen dalgalarda enine stabilite değişimi ve stabilitenin eşdeğer kesit metodu ile hesabı, Gemi Mecmuası, İTÜ, Sayı 24.
- Kobylinski LK and Kastner S 2003. Stability and safety of ships, Vol. 1: Regulation and Operation, Elsevier Ocean Engineering Book Series.
- Koraltürk M 2007. Şirket-i Hayriye, İDO yayınları, İstanbul.
- Nowacki H 2003. Historical roots of the theory of hydrostatic stability of ships, 8<sup>th</sup> STAB Conference, Madrid, Spain.
- Taylan M 2005. Anatomy of a capsizes: Then and now, 8<sup>th</sup> International Ship Stability Workshop, Paper No. 7.1, ITU, Istanbul, Turkey 06-07 October.
- Taylan M 2006. 50. Yılında Üsküdar vapuru faciası, Gemi ve Deniz Teknolojisi, Sayı 175, sayfa 46-51.
- Taylan M 2016. Analysis of maritime accidents in turkish coastal waters, 3<sup>rd</sup> International Conference on Maritime Technology and Engineering, pp. 903-910, Lisbon, Portugal, July 4-6.
- Tutel E 2005. İstanbul'un unutulmayan gemileri, Yay Kitabevi, İstanbul.

## Yağ ayırmada grafen nanotabaka (GNP) dolgulı adsorptif membran üretimi ve uygulaması

Aydan İlkey Yucak<sup>1\*</sup>( <https://orcid.org/0000-0002-0968-9524>), Filiz Uğur Nigiz<sup>2</sup>( <https://orcid.org/0000-0003-0509-8425>)

<sup>1</sup>Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: aydanilkay.yucak@gmail.com

### Özet

Yağları atık sudan ve diğer temel kaynaklardan ayırmak için kullanılan iki tür membran vardır. Hidrofilik membranlar yağı reddeder ve seçici su geçirgenliğine izin verirken, oleofilik membranlar yağ türlerini atık su ortamından uzaklaştırır. Kesikli işlemde atık sudan yağları adsorbe eden ve sürekli işlemde suyu gideren membran, akıllı cihazlar olarak kategorize edilir. Bu çalışmada, hidrofobik poli (viniliden florür) (PVDF) ile hidrofilik polivinilpirolidon (PVP) karıştırılarak yağ emülsiyonu ile su karışımlarının ayrıştırılmasıyla akıllı bir membran malzemesi üretilmiş ve bu malzeme yağlı bileşenlere afinitesi olmasına rağmen suyu ayırmaktadır. Sürekli membran filtrasyon testlerinde PVDF, iyi mekanik mukavemeti, yüksek ısı direnci, iyi kimyasal direnç ve iyi film oluşturma özellikleri nedeniyle membran hazırlamada ana malzeme olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, membranın yağ adsorpsiyon kapasitesi şişme testleri ile belirlenmiştir. Hazırlanan membranların fındık yağı, soya fasulyesi yağı ve lubrikant yağı, toluen, benzen ve heksana afinitesi şişme testleri ile belirlendi. Membranın kimyasal yapısı Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi ile karakterize edildi. Membranın yüzey hidrofobikliği, bir temas açısı ölçüm cihazı kullanılarak araştırıldı. Deneysel sonuçunda artan PVP, bentonit ve GNP, temas açısı ölçümleri ile kanıtlanan hidrofilikliği arttırmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adsorban membran, Bentonit, GNP, PVDF, PVP, Yağ reddi

### Graphene nanoplate (GNP) filled adsorptive membrane production and application in oil separation

#### Abstract

There are two types of membranes used to separate oils from wastewater and other essential sources. While hydrophilic membranes reject the oil and allow the selective water permeation, oleophilic membranes removes oil species from the waste water media. The membrane which adsorbed oils from wastewater in the batch process and remove water in the continuous process is categorized as intelligent devices. In this study, a smart membrane material was produced by mixing hydrophobic poly (vinylidene fluoride) (PVDF) with hydrophilic polyvinylpyrrolidone (PVP) and used to separate oil emulsion and water mixtures. Although this material has an affinity to oily components, it separates water in continuous membrane filtration tests. PVDF has been used as the main material in membrane preparation due to its good mechanical strength, high heat resistance, good chemical resistance and good film forming properties. In this study, the oil adsorption capacity of the membrane was determined by swelling tests. The affinity of the prepared membranes to hazelnut oil, soybean oil and lubricant oil, toluene, benzene and hexane was determined by means of swelling tests. The chemical structure of the membrane is characterized by Fourier Transform Infrared Spectroscopy. The surface hydrophobicity of the membrane was investigated using a contact angle measuring device. As a result of the experiments, increasing PVP, bentonite and GNP increased the hydrophilicity which was proved by the contact angle measurements.

**Keywords:** Adsorbent membrane, Bentonite, GNP, PVDF, PVP, Oil rejection

#### 1. GİRİŞ

Günümüzde küresel nüfusun artması ve sanayileşmeyle birlikte hızlı bir değişim yaşanmaktadır ve bu hızlı değişimin sonucu olarak yeryüzü kaynaklarının tüketimi de artmaktadır. Özellikle de tüm canlıların yaşamının devamı için en önemli yeryüzü kaynağı olan suyun hayatımızdaki rolü büyüktür. Tüm dünyada büyüyen şehirler giderek artan ölçüde suya ve su yönetimine gereksinim duymaktadır. Dünya yüzeyinin dörtte üçü sularla kaplı olmasına rağmen insan kullanımına uygun tatlı su miktarı sınırlıdır. Artan nüfus talebiyle bağlantılı hızlı kentleşme, sanayileşme ve tarımsal gelişmeler, büyük miktarda tatlı su tüketimine ve büyük

miktarda atık su üretimine yol açmıştır. Bu sektörlerde sürdürülebilir büyüme ihtiyacı, çevreye verimli bir şekilde yeniden kullanım veya güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi için atık suyun arıtılmasını gerektirmektedir (Shamaei ve ark., 2020).Endüstriyel gelişmelerle birlikte, dünyada birçok farklı alanda kullanılan yağların miktarında da artmalar olmuştur. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte ulaşım araçlarının kullanımını da artmaktadır. Bu durum sonucunda petrol ve türevi yağların kullanımını da artış göstermektedir. Uluslararası ticaretin gelişmesiyle birlikte petrol sızıntısı kazaları da çokça meydana gelmektedir. Bunların yanı sıra gıda, günlük kimyasal, tekstil, deri ve çelik işleme, metal kaplama gibi çeşitli endüstriyel işlemlerden ve organik çözücülerin (toluen, benzen, kloroform, sikloheksan gibi)ortaya çıkardığı yağlı atık sularda ekosistemimizi tehdit etmektedir (Yue ve ark.,2019). Ana bileşeni, ham petrolden rafine edilen veya laboratuvarında sentezlenen bir baz yağ olan lubrikant (yağlama) yağı da hemen hemen tüm araç ve makinelerde kullanılan önemli sıvılardan biridir (Mohammed ve ark.,2013) .Diğer bir yandan gıda endüstrisinde de kullanılan bitkisel yağ miktarlarında da büyük bir artış olmuştur. Örneğin ; soya yağı, düşük viskozite derecesi nedeniyle dünyada en çok kullanılan yemeklik yağlardan biridir (Davarnejad ve ark., 2019). Son zamanlarda fındık yağı da gıda endüstrisinde zeytinyağlarına benzer yağ asitleri nedeniyle artan bir talep görmektedir (Gül ve ark.,2018).Günlük hayatımızda birçok farklı alanda kullanımını olan yağ ve yağ türevlerinin gezegenimizin devamı için gerekli olan suya ve temiz bir çevreye olan tahribatı kaçınılmazdır. Çevre güvenliği ve insan sağlığı içinde büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Atık yağlar, tehlikeli maddelerle ilgili çevresel nedenlerle uygun şekilde ele alınmak zorundadır. Genel olarak, dağılmış fazın damlacık boyutuna göre, yağ / su karışımları üç kategoriye ayrılır: serbest yağ / su karışımı, yağ / su dispersiyonu ve yağ / su emülsiyonu.(Wu ve ark.,2020). Dolayısıyla emülsifiye edilmiş yağ-su karışımları da temizlenmelidir (Liu ve ark., 2019). Doğal suların endüstriyel, tarımsal ve evsel faaliyetlerden kaynaklanan antropojenik kirliliği ve bunun insan sağlığı üzerindeki sonuçları dünya çapında önemli endişelere neden olmaktadır (Krebsz ve ark., 2021).Yağ-su emülsiyonlarını ayırmak için çeşitli teknikler kullanılmaktadır

(Sun ve ark., 2020). Yağlı kirli suyun arıtılmasının arkasındaki en büyük zorluk, sıkı emülsiyonların veya hidrat oluşumlarının giderilmesinin karmaşıklığında yatmaktadır. Günümüzde bilim insanlarının araştırmakta olduğu çeşitli çözümlere örnek olarak yüzdürme, yer çekimi ayırma, adsorpsiyon, elektrokoagülasyon, flokülasyon ve koagülasyon verilebilmektedir. (Yue ve ark., 2019).Uygulanan bu teknikler yağ tabakası su arıtımında oldukça etkilidir. Ama bu teknikler yalnızca yağı, yağ damlacıklarının boyutlarının genellikle 20 µm'den az olduğu yağ /su emülsiyonundan ayırmak için kullanılabilir. Farklı seçenekler arasında, membran filtreleme en umut verici olan tekniklerden biri olmaktadır. Membranların diğer sistemlere kıyasla işletim kolaylığı ve daha küçük karbon ayak izi gibi doğal faydalarına ek olarak, nanofiber gibi nanomateryallerin dahil edilmesi düşük akış direnci, biyoyumluluk ve yüksek gözeneklilik özellikleri sayesinde yağ / su ayırma verimliliğini önemli ölçüde arttırmaktadır. (Yue ve ark.,2019).

Bu çalışmada, yağ emülsiyonu su karışımlarının ayrılması için PVDF/ PVP temelli kompozit membranlar üretilmiştir. Bu membranlar faz inversiyon tekniği ile gözenekli şekilde sentezlenmiştir. PVDF üstün mekanik mukavemeti, iyi ısı ve kimyasal direnci ve iyi film oluşturma kabiliyetisayesinde membran ayırma işlemlerinde kullanılan hidrofobik bir polimerdir (Kang ve Cao, 2014). PVP ise hidrofilik yapıda, özellikle gözenekli membran üretmek için gözenek oluşturma ajanı olarak da kullanılan bir polimerdir (Amin ve ark., 2018). Membrandaki PVP içeriği de hidrofilikliği nedeniyle , hazırlanan polimerik membranın yüzey morfolojisini etkiler. GNP, ortalama 5-10 nanometre kalınlığında ticari grafen bazlı bir malzemedir. GNP'ler, tek tabakalı grafenin zayıf korozif özelliklerinden kaçınarak dayanıklı korozyona neden olan grafit yapılarına sahiptir (Krittayavathananon ve ark., 2018). GNP bazlı malzemeler, tek atom kalınlığındaki yapı nedeniyle polimerlerle mükemmel film oluşturma yeteneği sergileyebilir (Mittal ve ark.,2015;Dizaji ve ark.,2017;Huang ve ark.,2015).Bu çalışma kapsamında hazırlanan membran, içerdiği PVDF polimerinden dolayı, yağ seçici adsorban membran olarak karakterize edilebilir. Ancak membran sürekli bir sistemde kullanıldığı zaman, gözenek yapısından ve PVP içeriğinden dolayı suyu ortamdan ayırmaya uygundur. Membran karakterizasyonu FTIR analizi ve temas açısı testleriyle ve membranın yağ adsorpsiyon kapasitesi şişme testleri ile belirlenmiştir. Membranın şişme değerlerini arttırmak için membrana bentonit kili ve GNP eklenmiştir.Farklı oranlarda eklenen GNP konsantrasyonunun şişme değerlerine etkisi sabit sıcaklık ve sabit basınç şartlarında incelenmiştir.

## 2.MATERYAL VE METOD

### 2.1.Membran Hazırlama

Polimerik membranlar, faz inversiyon tekniği kullanılarak hazırlanmıştır. Bentonit ve GNP katkılı membranların hazırlanması için, ağırlıkça % 80 PVDF ,% 20 PVP ve %15 bentonit kili ve ağırlıkça % 0 ile ağırlıkça % 3 arasında değişen konsantrasyonda GNP eklenerek polimer çözültüsü dimetilformamid (DMF) içinde 55 ° C'de dört saat karıştırılarak tamamen çözülür .Karışım oda sıcaklığında bir süre bekletilerek içerisindeki gazlardan arındırılır. Ardından bir cam yüzeye dökülen karışım bir su banyosuna daldırılarak iki dakika bekletilir. Banyodan alınan membran kurutulurak kullanıma hazır hale getirilir.Tabloda 1'de membranların GNP içeriğine göre adlandırılışları yer almaktadır.

**Tablo 1.**Bentonit ve GNP katkılı PVDF-PVP Kompozit Membranların Tanımlanması

Membran Kodu	PVDF içeriği (%)	PVP içeriği (%)	Bentonit içeriği (%)	GNP içeriği (%)
PVDF80-PVP20-B15wt%G0,25wt%	80	20	15	0.25
PVDF80-PVP20-B15wt%G0,5wt%	80	20	15	0.5
PVDF80-PVP20-B15wt%G1wt%	80	20	15	1
PVDF80-PVP20-B15wt%G1wt%	80	20	15	3

### 2.2.Membran Karakterizasyonu

Membranın yüzey hidrofobikliği, temas açısı ölçümleri (KSV) kullanılarak karakterize edilmiştir. Açı ölçümleri, su damlacıkları ve membran yüzeyi arasındaki açı ölçülerek yapılmıştır. Her test üç kez tekrar edilmiş ve ortalama açı değerleri kaydedilmiştir. Membranın kimyasal yapısı, Fourier Transform Infrared Spektroskopisi (Perkin Elmer, ATR modu) kullanılarak analiz edilmiştir. Spektroskopinin dalga boyu 650-4000 cm<sup>-1</sup> arasında düzenlenmiştir.

### 2.3.Yağ/Su Şişme Testi

Hazırlanan membrana farklı yüzdelerde GNP eklemesinin membran-yağ ilgisi üzerindeki etkisi, şişme deneyleriyle belirlenmiştir. Farklı membranların yağ-su şişme kapasitesini belirlemek için, membran örnekleri su, soya fasulyesi yağı, fındık yağı, lubrikant yağı içine daldırılmıştır. Şişme deneyleri, numuneler sabit bir ağırlığa ulaşana kadar 120 dakika boyunca gerçekleştirilmiştir. Şişme ölçümleri, Denklem 1'de gösterildiği gibi membranın başlangıç (W<sub>i</sub>) ve son (W<sub>f</sub>) ağırlık değerleri ölçülerek yapılmıştır.

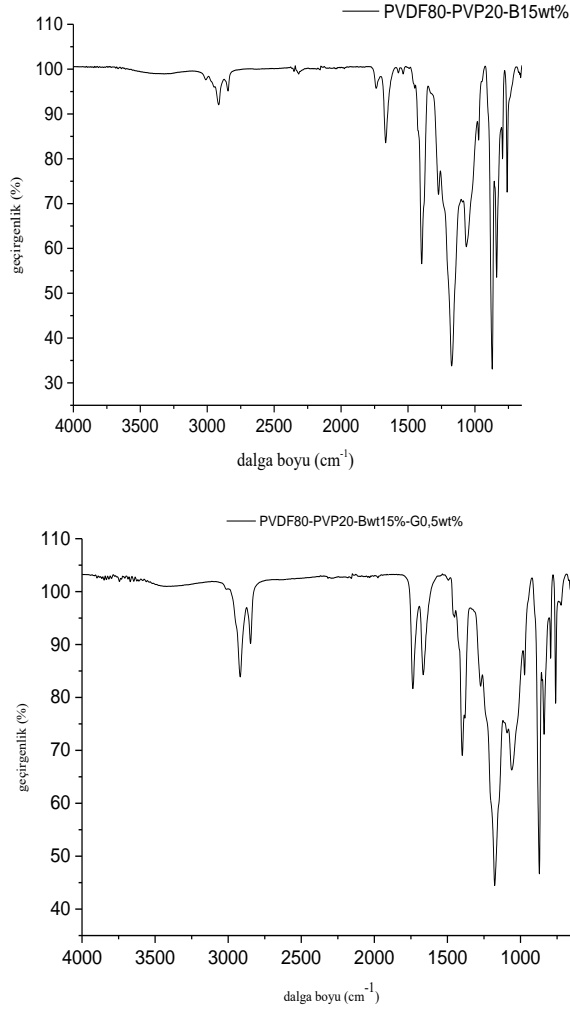
$$\text{Şişme (\%)} = \frac{W_f - W_i}{W_i} * 100 \quad (1)$$

## 3.BULGULAR ve TARTIŞMA

### 3.1.Membran Karakterizasyon Sonuçları

Hazırlanan membranların kimyasal yapısı FTIR analizi kullanılarak belirlenmiştir. Şekil 1.bentonit ve GNP katkılı PVDF / PVP kompozit membranın FTIR spektrumlarını göstermektedir. Spektrumda 2850 cm<sup>-1</sup> bölgesinde meydana gelen pikler, bentonit içindeki hidroksil (OH<sup>-1</sup>) gruplarına aittir. Karakteristik -CH<sub>2</sub>-deformasyon zirveleri 1400 cm<sup>-1</sup>'de ortaya çıkmıştır. 760 cm<sup>-1</sup> ile 1190 cm<sup>-1</sup> bölgesinde görülen pikler CF ve CF<sub>2</sub> gerilmesine karşılık gelir. Şekil 1 'de bentonit katkılı PVDF80-PVP20 kompozit membranına ağırlıkça

%0.5 GNP eklenmesiyle hidroksil gruplarına ait olan piklerde daha fazla bağ oluşmuş ve pik derinliği artmıştır. Bentonit ve GNP arasında kimyasal etkileşim daha kolay olmuştur.



Şekil 1. Bentonit ve GNP katkılı membranın FTIR spekturumu

Membranların yüzey hidrofiliği, temas açısı ölçümleri kullanılarak belirlenmiştir. Tablo 2’de PVDF80-PVP20-B15wt% membranı ve aynı kompozit membrana %0.5 GNP eklenmesiyle temas açısının 70°’den 51°’ye düştüğü görülmüştür. Bu, GNP’nin hidrofilik karakterinden kaynaklanmaktadır. GNP genellikle polimer kompozitlerinin mekanik özelliklerini arttırmak için takviye edici bir malzeme olarak kullanılmaktadır. GNP bazlı gözenekli membranlar iyi ayırma verimliliği veya iyi adsorpsiyon sağlamaktadır. Hazırlanan kompozit membranın hidrofiliği; GNP partiküllerinin hidroksil ve karboksil grupları dahil birçok polar grupla baskılanmasına bağlanmaktadır (Lui ve ark., 2015). Sonuçta büyük ölçüde hidrofiliklik elde edilmektedir ve buna bağlı olarak temas açısında azalma olmuştur.

Tablo 2. Bentonit ve GNP katkılı membranların temas açısı

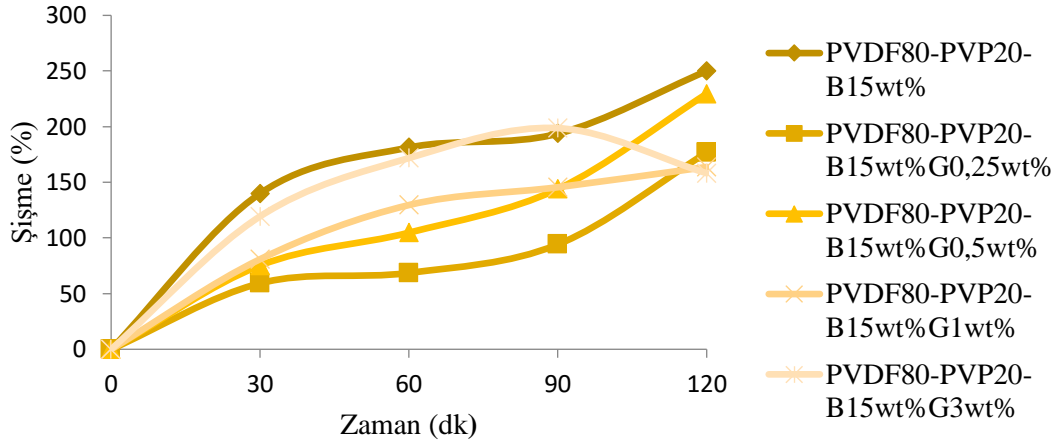
Membran Kodu	PVDF80-PVP20-B15wt%	PVDF80-PVP20-B15wt%-G0,25wt%	PVDF80-PVP20-B15wt%-G0,5wt%
Temas Açısı	70°	58°	51°

### 3.2. Yağ/Su Şişme Testi Sonuçları

Şekil 2’de PVDF80-PVP20-B15wt% membrandaki GNP miktarının su içinde zamana bağlı olarak yüzde şişme sonuçlarını göstermektedir. GNP eklenmesinin su içinde şişme değerlerine etkisi araştırılmıştır. GNP

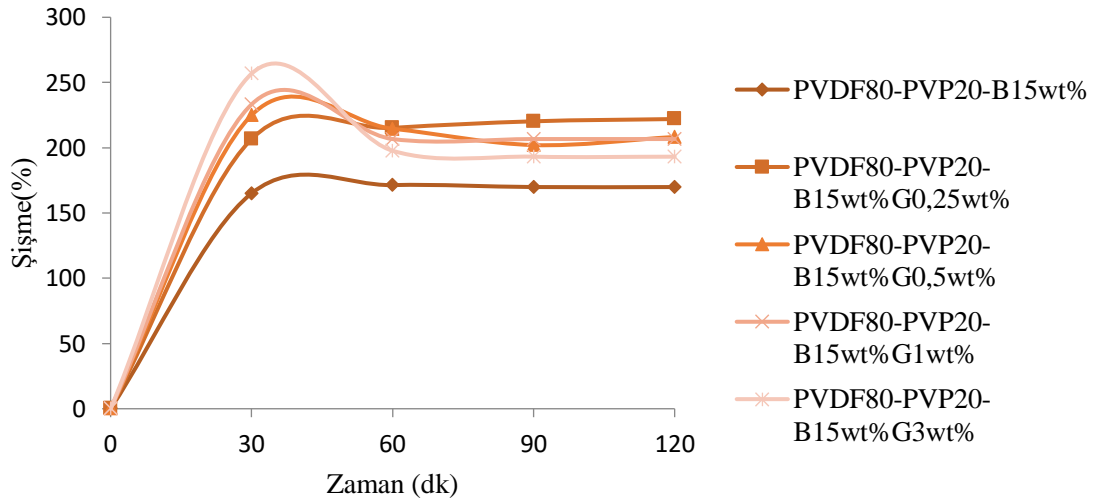


konsantrasyonu, toplam polimer ağırlığına göre, ağırlıkça % 0,25'dan ağırlıkça % 1'e arttıkça su içinde şişme testi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.120 dakika sonucundaki alınan ölçümde GNP konsantrasyonu % 1 ve üzeri olduğunda diğer konsantrasyonlara göre su içindeki şişme değeri azalmıştır.



Şekil 2. Membrandaki GNP içeriğinin suda şişmeye etkisi

Şekil 3, PVDF80-PVP20-B15wt% membrandaki GNP miktarının lubrikant yağı içinde zamana bağlı olarak yüzde şişme sonuçlarını göstermektedir. GNP konsantrasyonu, toplam polimer ağırlığına göre, ağırlıkça % 0,25'dan ağırlıkça % 3'e artmıştır. GNP konsantrasyonunun artması ile membranların lubrikant yağı içindeki şişme değerleri de artış göstermektedir. Şekil 3'ten, GNP konsantrasyonu %3 olduğunda membranın lubrikant yağı içinde en yüksek şişme değeri %256,81 olarak hesaplanmıştır. 60. dakikadan sonra şişme değerleri sabitlenmiştir.



Şekil 3. Membrandaki GNP içeriğinin lubrikant yağında şişmeye etkisi

#### 4.SONUÇ

Bu çalışmada, PVDF-PVP temelli, bentonit ve GNP katkılı kompozit gözenekli membranlar hazırlanmış, karakterize edilmiş ve model yağlı atıksulardan yağları ayırma performansı, şişme derecesi araştırılmıştır. GNP konsantrasyonu, toplam polimer ağırlığına göre, ağırlıkça % 0.25'ten ağırlıkça % 3'e değiştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; FTIR spektrumları incelendiğinde membranlarda, bentonit ve GNP'nin uyumlu olduğu karakteristik pikler görülmüştür. Membrandaki GNP konsantrasyonu arttıkça yüzeyin temas

açısı azalmıştır. Bu durum GNP'nin hidrofilik karakterinden kaynaklanmaktadır. Fakat GNP konsantrasyonu %1 ve üzeri olduğunda temas açısı değerinin arttığı ve hidrofilikliğin azaldığı görülmüştür. GNP konsantrasyonu %0.25 olduğunda membranın fındık yağı, soya içinde şişme testi üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. Çünkü GNP konsantrasyonu % 0.25 olduğunda diğer konsantrasyonlara göre fındık yağı ve soya yağı içindeki şişme değeri zamana bağlı olarak daha az azalma göstermektedir. GNP konsantrasyonu %3 olduğunda ise membranın lubrikant yağı içinde en yüksek şişme değeri % 256,81 olarak elde edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası 2019/70.

## KAYNAKLAR

- Amin PD, Bhanushali V, Joshi S, 2018. Role of Polyvinylpyrrolidone in Membrane Technologies, *International Journal of Chem Tech Research*, 11, 247-259.
- Davarnejad A, Sabzehei M, Parvizi F, Heidari S, Rashidi A, 2019. Study on Soybean Oil Plant Wastewater Treatment Using the Electro-Fenton Technique, *Chem. Eng. Technol*, 42, No. 12, 2717- 2725.
- Dizaji AK, Mortaheb HR, Mokhtarani B, Rahmani S, 2017. Pervaporative performance of polydimethylsiloxane-graphene/polyethersulfone hybrid membrane: effects of graphene structure and surface properties. *Chem Eng Res Des*, 124:181.
- Gul O, Saricaoğlu FT, Besir A, Atalar I, Yazici F, 2018. Effect of ultrasound treatment on the properties of nano-emulsion films obtained from hazelnut meal protein and clove essential oil, *Ultrasonics - Sonochemistry* 41 466–474.
- Huang K, Liu G, Shen J, Chu Z, Zhou H, Gu X, Jin W, Xu N, 2015. High-efficiency water-transport channels using the synergistic effect of a hydrophilic polymer and graphene oxide laminates. *Adv Funct Mater*, 25:5809.
- Kang G, Cao Y, 2014. Application and modification of poly(vinylidene fluoride)(PVDF) membranes – A review, *Journal of Membrane Science* 463, 145–165.
- Krebsz M, Pasinszki T, Tung TT, Nine MJ, Losic D, 2021. Multiple applications of bio-graphene foam for efficient chromate ion removal and oil-water separation, *Chemosphere* 263, 127790.
- Krittayavathananon A, Li X, Sokolov SV, Batchelor C, Sawangphruk M, Compton RG, 2018. The solution phase aggregation of graphene nanoplates, *Applied Materials Today* 10, 122–126.
- Liu W, Cui M, Shen Y, Zhu G, Luo L, Mouji Li, Li J, 2019. Waste cigarette filter as nanofibrous membranes for on-demand immiscible oil/water mixtures and emulsions separation, *Journal of Colloid and Interface Science* 549, 114–122.
- Liu X, Duan J, Yang J, Huang T, Zhang N, Wang Y, Zhou Z, 2015. Hydrophilicity, morphology and excellent adsorption ability of poly(vinylidene fluoride) membranes induced by graphene oxide and polyvinylpyrrolidone, *Colloids and Surfaces A: Physicochem Eng Aspects*, 486, 172–184.
- Mittal G, Dhand V, Rhee KY, Park SJ, Lee WR, 2015. A review on carbon nanotubes and graphene as fillers in reinforced polymer nanocomposites. *J Ind Eng Chem*, 21:11.
- Mohammed RR, Ibrahim IAR, Taha AH, McKay G, 2013. Waste lubricating oil treatment by extraction and adsorption, *Chemical Engineering Journal* 220, 343–351.
- Shamaei L, Khorshidi B, Islam MA, Sadrzadeh M, 2020. Development of antifouling membranes using agro-industrial waste lignin for the treatment of Canada's oil sands produced water, *Journal of Membrane Science*, 611, 118326.
- Sun Y, Zong Y, Yang N, Zhang N, Jiang B, Zhang L, Xiao X, 2020. Surface hydrophilic modification of PVDF membranes based on tannin and  $\tau$  zwitterionic substance towards effective oil-in-water emulsion separation, *Separation and Purification Technology*, 234, 116015.
- Wu M, Mu P, Li B, Wang Q, Yang Y, Li J, 2020. Pine powders-coated PVDF multifunctional membrane for highly efficient  $\tau$  switchable oil/water emulsions separation and dyes adsorption, *Separation and Purification Technology* 248, 117028.
- Yue X, Li Z, Zhang T, Yang D, Qiu F, 2019. Design and fabrication of superwetting fiber-based membranes for oil/water  $\tau$  separation applications, *Chemical Engineering Journal*, 364, 292–309.

## AISI 430/HARDOX 450 çeliğinin çift taraflı TIG ark kaynağında metalurjik incelemeler

Tanju Teker\*, Deniz Gençdoğan

Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, 02040,  
Adıyaman, Türkiye.

\*Sorumlu yazar e-mail: tteker@adiyaman.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, benzer olmayan AISI 430 / HARDOX 450 çelikleri çift taraflı TIG ark kaynağı kullanılarak kenar hazırlığı yapmadan birleştirilmiştir. Kaynak metalinin metalurjik karakteristikleri optik mikroskop (OM) ve X-ışını difraktometre (X-RD) analizi ile incelenmiştir. Kaynaklı bağlantıların ara yüzündeki element içeriği, enerji dağıtıcı spektrometre (EDS) ile donatılmış tarayıcı elektron mikroskobu (SEM) ile belirlenmiştir. Çift taraflı TIG ark kaynağı benzer olmayan AISI 430 / HARDOX 450 çeliklerinin kaynağında iyi bir metalurjik özellik sağladı. Bu, kullanılan çift taraflı TIG kaynak tekniği nedeniyle ergimiş malzemenin kaynaklı parçalarda olası yer değiştirmesine ve karıştırılmasına dayanır.

**Anahtar Kelimeler:** Farklı çelik, HARDOX 450, AISI 430, Çift taraflı TIG kaynağı.

### Metallurgical studies in double sided TIG arc welding of AISI 430 / HARDOX 450 steel

#### Abstract

In this study, dissimilar AISI 430 /HARDOX 450 steels were joined without groove preparation using double sided TIG arc welding. The metallurgical characterizations of the weld metal were examined by optical microscope (OM), X-ray diffractometer (X-RD) analysis. Elemental content in interface of the welded joints were determined by scanning electron microscope (SEM) equipped with energy dispersive spectrometer (EDS). Dissimilar AISI 430/HARDOX 450 steels welded using double sided TIG arc welding provided a good metallurgical property. This is based on the possible displacement and mixing of the molten material in the welded parts due to the double-sided TIG welding technique used.

**Keywords:** Dissimilar steel, HARDOX 450, AISI 430, Double sided TIG weld.

#### 1. Giriş

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte farklı mekanik ve termodinamik özelliklere sahip malzemelerin bir arada kullanılması gereksinimi doğmaktadır. Özellikle iyi iletken olan bir malzeme ile iyi korozyon direnci olan veya iyi korozyon direnci olan ile iyi mekanik özellikleri olan malzemeleri birlikte kullanılması önem arz etmektedir [Mohandasa et al., 1999; Guimarães and Mei, 2004]. TIG kaynağında kaynak bölgesinde ergime işlemi yaklaşık 3400 °C' de ergimeyen tungsten elektrod ile sağlanır. Bu elektrottan sağlanan ısı anında torç içerisinden gelen asal koruyucu gaz hem kaynak banyosunu havanın olumsuz etkilerinden korur hem de dikiş formunu düzenler. Ayrıca nüfuziyet üzerine de etki eder. Bu yöntem, yüksek kaliteli kaynaklar elde etmek için tercih edilen kaynak yöntemlerinden birisidir [Arivazhagan et al., 2011; Kumar and Shahi, 2011].

TIG kaynak yöntemi ile günümüzde alüminyum, bakır, magnezyum ve paslanmaz çelik gibi diğer yöntemlerle kaynak edilebilmesi zor olan birçok metal kaynak edilmektedir. Kullanım alanı hızla artan paslanmaz çelikler inşaat sektöründe, imalat endüstrisinde, kara-hava-deniz ulaşımlarında, mutfak aletleri yapımında, ısıl işlem çalışmalarında, asit tankları ve taşıyıcıları yapımında, tıp sektöründe, gıda hizmetlerinde, kesici el aletlerinin imalatında yaygın olarak tercih edilmektedir [Liao and Chen, 1998; Taban et al., 1999].

Ferritik paslanmaz çelikler oda sıcaklıklarında içyapılarının ferritik morfolojiye sahip hacim merkezli kübik kristal yapıya sahip ( $\alpha$ -Fe) olmalarından dolayı bu isimle anılmaktadır, %12-30 Cr ve %0.12-0.20 C içerir ve mühendislik tasarımlarında önemli bir yere sahiptir. Martenzitik paslanmaz çeliklere nispetle az karbon içerir. Isıl işlemler ile sertleştirilemeyen bu çelikler manyetik özelliğe sahiptir. Korozyon dirençleri östenitik paslanmaz çeliklere benzer olan bu çelikler nikel içermemelerinden dolayı maliyetleri daha düşüktür [Teker, 2013; Kumar et al., 2015].

İlk olarak 1970'li yıllar piyasaya sunulan HARDOX çelikleri benzer levhalara nispetle 4-5 kat daha serttir. Ayrıca kaynak kabiliyetleri iyi olan, kolayca şekil verilebilen HARDOX çelikleri yük taşıyıcı kepçe kazıyıcısı, kepçe ağız, kırıcılar ve dövücülerde kullanılmaktadır [Xiong et al., 2015]. Teker ve Özdemir, [2013] tarafından yapılan çalışmada; 10 mm' lik AISI 430 ve AISI 1040 çelik malzemeleri, KPTA kaynak yöntemi ile tek pasoda kaynak kenar hazırlığı yapmadan ve ilave metal kullanılmadan birleştirilmişlerdir. Düşük kaynak ilerleme hızlarında meydana gelen yüksek ısı girdisiyle derin nüfuziyet elde etmişlerdir.

Bu çalışmada, AISI 430 ve HARDOX 450 çelikleri çift taraflı TIG ark kaynak yöntemi ile ilave tel kullanılmadan ve kaynak ağızı açılmadan birleştirilmiştir. Farklı iki metalin kaynaklı birleşmesinden meydana gelen mikroyapısal değişim ve elementer dağılım araştırılmıştır.

## 2. MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan 125x100x10 ölçülerindeki ana malzemeler AISI 430 ve HARDOX 450 çeliğidir. Ge-Ka-Mak kaynak makinesi malzemelerin kaynakla birleştirilmesinde kullanılmıştır. Çift taraflı TIG kaynak birleştirilmesi için üretim parametreleri Tablo 1' de verilmiştir. Metalografik incelemeler için numuneler 80 ile 1200 mesh tane büyüklüğündeki zımpara kağıtları ile zımparalandı, ardından bir parlatma makinesinde elmas macunu ile ince parlatma işlemi yapılmıştır. Numunelerdeki mikroyapıları tanımlamak için numunelerin AISI 430 paslanmaz çelik tarafı, 3-6 saniye boyunca 12 V altında %50 alkol + %50 HNO<sub>3</sub> reaktifleri kullanılarak elektrolitik dağlama işlemi ile dağlandı. HARDOX 450 çelik tarafı %98 alkol +%2 HNO<sub>3</sub> ile dağlanmıştır. Dağlanmış numuneler optik mikroskop (OM) (LEICA, DM750) ile incelendi. Kaynakların ara yüzeyi üzerindeki faz bileşimi Bruker X-ışını kırınımı (XRD) ile belirlenmiştir. Kaynaklı birleştirmelerin ara yüzeyindeki element içeriği, enerji dağıtıcı spektrometreler (EDS) ile donatılmış tarama elektron mikroskobu (SEM) (ZEISS, EVO LEO40XV) ile belirlenmiştir.

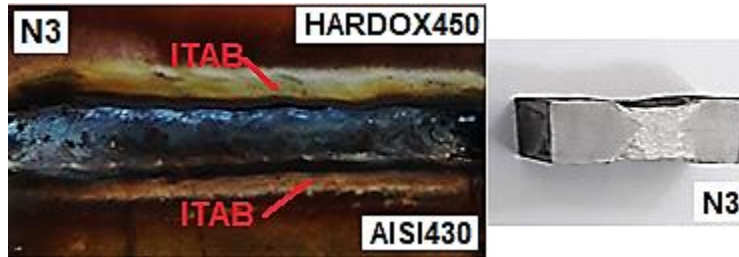
**Tablo 1.** Çift taraflı TIG kaynak birleştirilmesi için üretim parametreleri.

Numune No	Amper (A)	Gaz Debisi (lt/dk)	İlerleme Hızı (m/dk)	Voltaj (V)	Nozul Çapı (mm)
N1	445	15	0.01	112	10
N2	460	15	0.01	115	10
N3	475	15	0.01	118	10

## 3. DENEYSEL SONUÇLAR

### 3.1. Makro ve Mikroyapı Analizi

Çift taraflı TIG kaynak birleştirme işlemleri 445, 460 ve 475 (A) parametrelerinde ve her bir numune için 0.01 m/dk sabit kaynak ilerleme hızlarında, ilave telsiz ve kaynak kenar hazırlığı yapmadan küt-ek olarak gerçekleştirilmiş olup, kaynak numunelerinin yüzey ve ara yüzey makroyapı görüntüleri Şekil 1'de verilmiştir. Verilen şekiller incelendiğinde, kaynaklı birleştirmelerde kaynak boyunca elde edilen kaynak dikişlerinin görüntüsü, kaynak kraterleri ve kaynak ergime alanı düzenli bir şekilde oluşmuştur.



**Şekil 1.** Kaynak numunelerinin yüzey ve ara yüzey makroyapı görüntüleri.

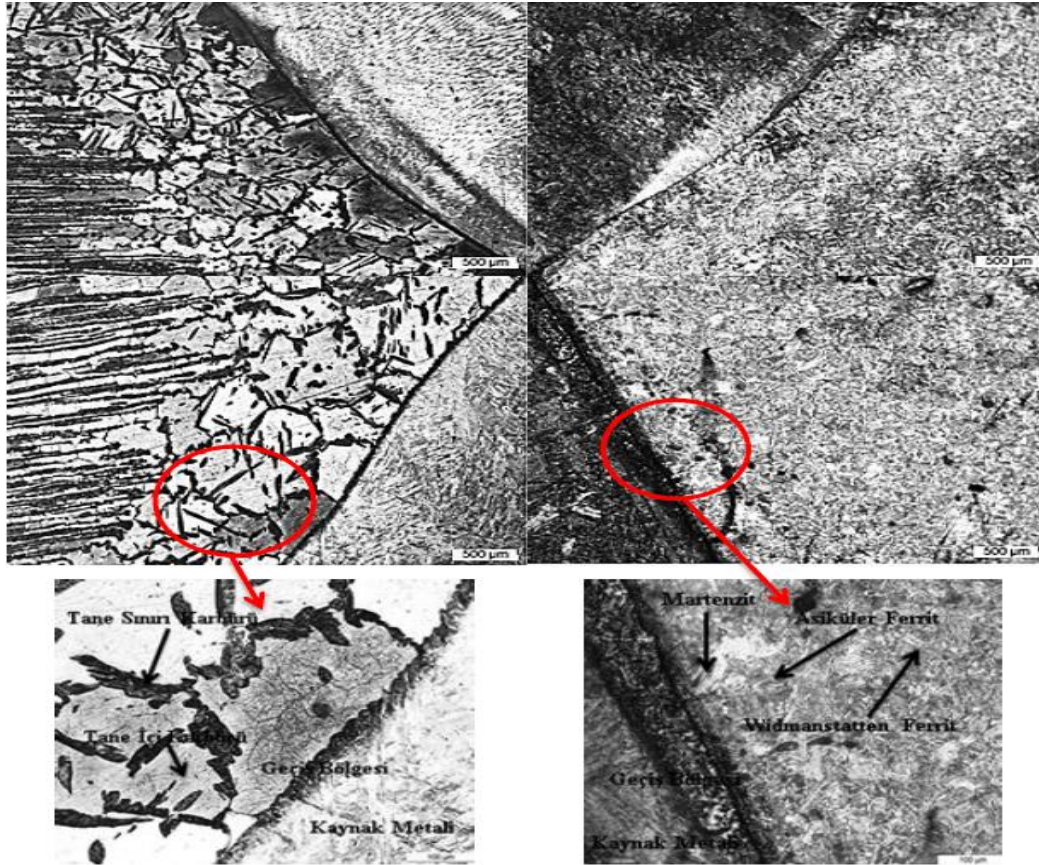
Kaynaklı bağlantıların makroyapı incelemelerine göre N1-N3 numunelerinin kaynak metalinin kum saati profili görünümünde olduğu, N1 numunesinin ergime alanında 1.4 mm, N2 numunesinin ergime alanında 0.2 mm boşluk meydana geldiği ve birleştirmenin yetersiz nüfuziyeti görülmüştür. Kaynağın artan akım şiddeti ile nüfuziyetin arttığı, N3 numunesinde çift taraflı kaynakların birleşerek, Şekil 1'de görüldüğü gibi kum saati şeklinin oluştuğu görülmüştür [Bonnefois et al., 2004].

Şekil 2'de ITAB-HARDOX 450 kaynaklı birleştirme numunesinin mikroyapısı incelendiğinde, ITAB-AISI 430 tarafına göre daha geniş bir ısının tesiri altında kalan bölge (ITAB) görülmekle birlikte bu bölge içerisinde soğuma hızı ve karbon miktarına bağlı olarak çita tipi martenzitik bir yapı oluşmuştur. ITAB'dan esas metale doğru gidildikçe düşen ısıyla birlikte içyapıda meydana gelen değişiklikte farklılık göstereceğinden verilen

mikroyapı fotoğrafında daire içerisine alınan bölgenin büyütülmüş mikroyapısına bakıldığında, asiküler ferrit ve widmanstatten ferrit görmek mümkündür.

Şekil 2’de ITAB-AISI 430 kaynaklı birleştirme numunesinin mikroyapısı incelendiğinde, ITAB-AISI 430 tarafında meydana gelen morfoloji ferrit fazlarından meydana gelen tipik mikroyapıyı göstermektedir. İncelenen mikroyapılarda artan akım şiddeti ile soğuma hızının artmasıyla iğnemsiliği artan çita tipi krom karbürler, tane içinde biberimsi ve tane sınırı karbürleri görülmektedir.

ITAB-HARDOX 450 tarafında AISI 430’a göre daha geniş bir ITAB oluştuğu ve oluşan ITAB’da akım şiddetinin artmasıyla soğumada meydana gelen artış, morfolojide martenzit oluşumuna neden olmaktadır. ITAB-HARDOX 450’de kaynak cidarından iç yapısında değişiklik olmamış bölgeye ilerledikçe yapı içerisinde widmanstatten ferritlere rastlamak mümkündür. Bununla birlikte soğuma hızının yüksek olduğu bölgelerde asiküler ferritler de görülmektedir. Asiküler ferrit, morfolojide bulunan inklüzyonlara ve soğuma hızına bağlı olduğu bilinmektedir [Teker, 2013].



Şekil 2. ITAB-AISI 430 ve ITAB-HARDOX 450 ve kaynak metali optik fotoğrafı.

### 3.2. EDS Analizi

N3 kaynaklı birleştirmesinden alınan EDS analiz noktaları Şekil 3’de ve sonuçları Tablo 2’de verilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde kaynaklı birleştirmelerin kaynak metali ve esas metalde demir (Fe), krom (Cr), mangan (Mn), nikel (Ni), molibden (Mo), karbon (C) ve silisyum (Si) elementleri görülmektedir. Paslanmaz çelik kaynaklar, karbonun güçlü bir afinitesine sahip olan ve karbonun krom afinitesi altında kaynağa difüzyonuna ve kaynak tarafında C-Cr bileşiklerinin oluşumuna neden olan birçok krom elementi içerir. Karbon, HARDOX 450 ve paslanmaz çelik kaynaklarda farklı bir çözünürlüğe sahip olduğundan, karbon atomlarının kaynağa yayılması, daha yüksek karbon içeriğine sahip HARDOX 450 ana malzemeden daha düşük bir karbon içerikli bölgeye doğru gerçekleşecektir [Qiang et al., 2017].



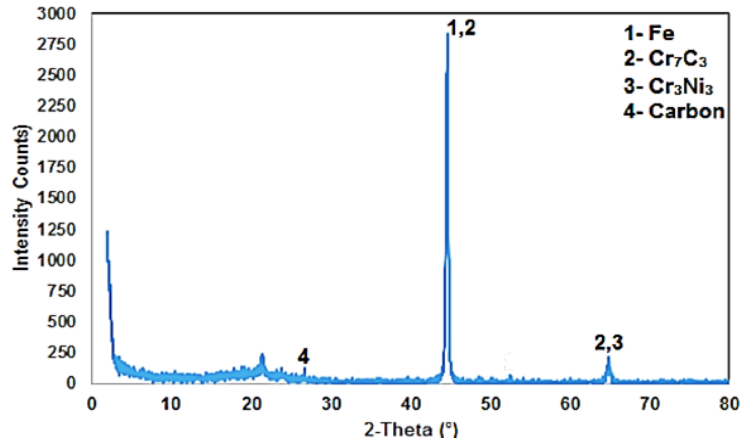
Şekil 3. N3 numunesinden alınan EDS analiz noktaları gösteren SEM fotoğrafı.

Tablo 2. N3 numunesinin EDS analiz sonuçları.

Numune No	Bölge	Analiz noktaları	Elementler (%wt.)						
			Fe	Cr	Mn	Mo	Ni	C	Si
N3	Sol üst	1. nokta	68.67	16.68	8.58	0.51	0.89	4.11	0.56
		2. nokta	70.28	14.58	8.62	0.50	0.85	4.50	0.66
		3. nokta	74.45	8.99	9.98	0.50	0.70	4.92	0.48
	Sağ üst	4. nokta	51.44	1.12	7.08	0.32	0.62	39.17	0.24
		5. nokta	74.96	0.84	9.77	0.37	0.60	12.93	0.54
	Sol alt	1. nokta	69.65	16.57	8.95	0.51	0.93	2.70	0.68
		2. nokta	71.23	14.93	10.02	0.50	0.85	1.89	0.58
		3. nokta	75.30	8.18	10.63	0.53	0.82	3.96	0.58
	Sağ alt	4. nokta	76.20	8.27	10.93	0.58	0.89	2.54	0.59
		5. nokta	61.35	2.03	8.30	0.32	0.65	27.13	0.22
		6. nokta	50.74	0.44	6.98	0.23	0.44	40.98	0.19

### 3.3. XRD

N1 numunesinin morfolojisinde meydana gelen faz ve bileşiklerin XRD grafiği Şekil 4’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında birleştirmelerde Fe, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>3</sub>Ni<sub>3</sub>, C, faz ve bileşikleri tespit edilmiştir.



Şekil 4. N1 numunesinin XRD analiz grafiği.

#### 4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, AISI 430 ve HARDOX 450 çelik çiftine çift taraflı TIG ark kaynak yöntemiyle farklı kaynak parametrelerde birleştirme işlemi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdadır.

Artan akım şiddeti ile malzemelerde nüfuziyetin arttığı ve kum saati profilinin elde edildiği görülmüştür.

Makro ara-kesit incelemesinde ergime alanında N1= 1.4 mm, N2= 0.2 mm boşluk oluşurken akım şiddetindeki artışla nüfuziyet artmış ve N3 numunesinde tam bir birleşme meydana gelmiştir.

Kaynaklı birleştirmelerin kaynak metali ve esas metalinde demir (Fe), krom (Cr), mangan (Mn), nikel (Ni), molibden (Mo), karbon (C) ve silisyum (Si) elementleri tespit edildi.

XRD analizleri sonucunda Fe, Cr<sub>7</sub>C<sub>3</sub>, Cr<sub>3</sub>Ni<sub>3</sub>, C faz ve bileşikleri tespit edilmiştir.

#### TEŞEKKÜR

Bu çalışma; Adıyaman Üniversitesi, Bilimsel Araştırmalar Proje Birimi tarafından MÜFYL/2019-0001 no' lu proje kapsamında desteklenmiştir.

#### KAYNAKLAR

- Arivazhagan N, Singh S, Prakash S, Reddy GM 2011. Investigation on AISI 304 austenitic stainless steel to AISI 4140 low alloy steel dissimilar joints by gas tungsten arc, electron beam and friction welding. *Materials Design*, 32: 3036–3050.
- Bonnefois B, Coudreuse L, Charles J 2004. A-TIG welding of high nitrogen alloyed stainless steels: a metallurgically high-performance welding process. *Welding International*, 18: 208–212.
- Guimarães AA, Mei PR 2004. Precipitation of carbides and sigma phase in AISI type 446 stainless steel under working conditions. *Journal of Materials Processing Technology*, 155–156: 1681–1689.
- Kumar S, Shahi AS 2011. Effect of heat input on the microstructure and mechanical properties of gas tungsten arc welded AISI 304 stainless steel joints. *Materials Design*, 32: 3617–3623.
- Kumar R, Bhattacharya A, Bera TK 2015. Mechanical and metallurgical studies in double shielded GMAW of dissimilar stainless steels. *Materials Manufacturing Process*, 30: 1146–1153.
- Lakshminarayanan AK, Shanmugam K, Balasubramanian V 2009. Effect of autogenous arc welding processes on tensile and impact properties of ferritic stainless steel joints. *Journal of Iron and Steel Research International*, 16(1): 62–68.
- Liao MT, Chen WJ 1998. The effect of shielding-gas compositions on the microstructure and mechanical properties of stainless steel weldments. *Materials Chemistry and Physics*, 55(2): 145–151.
- Mohandasa T, Reddy GM, Naveed M 1999. A comparative evaluation of gas tungsten and shielded metal arc welds of a 'ferritic' stainless steel. *Journal of Materials Processing Technology*, 94(2-3): 133-140.
- Taban E, Deleu E, Dhooge A, Kaluç E 2009. Laser welding of modified 12% Cr stainless steel: Strength, fatigue, toughness, microstructure and corrosion properties. *Materials Design*, 30: 1193–1200.
- Teker T 2013. The effect of austenitic interlayer on microstructure and mechanical behaviors in keyhole plasma transfer arc welding of ferritic stainless steel couple. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 69: 1833–1840.
- Teker T, Özdemir N 2013. The effect of nozzle orifice diameter on penetration deep and mechanical properties of AISI 430/AISI 1040 steel couple joined by keyhole PTA welding process. *Kovove Materialy-Metallic Materials*, 51(4): 241–249.
- Xiong J, Liu S, Zhang G 2015. Thermal cycle and microstructure of backing weld in double-sided TIG arc horizontal welding of high-strength steel thick plate. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81(9-12): 1939–1947.
- Qiang W, Wang K, Feng Y, Chen J 2017. Molten pool behavior and mechanical properties of pulsed current double-sided synchronization GTA welded Fe-18Cr-17Mn-Ni-N. *Journal of Materials Engineering Performance*, 26: 861–875.

## SVC'nin farklı çalışma koşullarındaki gerilim kararlılığı üzerindeki etkilerinin incelenmesi

M. Kenan Döşoğlu<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8804-7070>), Enes Kaymaz<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4774-0773>), Gökhan Poyraz<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3511-330X>)

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Düzce, Türkiye

<sup>2</sup>Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Bilecik, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: kenandosoglu@duzce.edu.tr

### Özet

Güç sistemlerinde bara geriliminin reaktif güce bağlı olarak kontrol edilmesi gerilim kararlılığı açısından çok önemli bir konudur. Bu kontrol için Esnek AC İletim Sistemi (FACTS) cihazlarından Statik Var Kompansatör (SVC) tercih edilmektedir. Bu çalışmada, IEEE 14 baralı güç sisteminde SVC modelinin farklı çalışma koşullarındaki etkileri incelenmiştir. Farklı çalışma koşulları için değişik değerlerdeki indüktif ve kapasitif değerlerdeki gerilim-maksimum yüklenme değerleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Dahası farklı çalışma koşullarındaki gerilim genlik profil değişimleri de analiz edilmiştir. Bu benzetim çalışması Güç Sistemleri Analizi Programında (PSAT) gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda SVC modelinin indüktif ve kapasitif çalışma durumlarında gerilim kararlılığı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Gerilim kararlılığı, SVC modeli, gerilim-maksimum yüklenme değeri, bara gerilim profilleri

### Investigation of effects on voltage stability in different working conditions of SVC

### Abstract

Control of the bus voltage depending on reactive power in power systems is an important issue in terms of voltage stability. For this control, Static Var Compensator (SVC), which is one of the Flexible AC Transmission System (FACTS) devices is preferred. In this study, the effects of SVC model in different operating conditions in IEEE 14 bus power system were investigated. The relationships between the voltage-maximum loading values at different values of inductive and capacitive values for different operating conditions were evaluated. Besides, voltage amplitude profile changes in different operating conditions were also analyzed. This simulation study was carried out in Power Systems Analysis Program (PSAT). As a result of the study, it was seen that SVC model has an effect on voltage stability in inductive and capacitive operating states.

**Keywords:** Voltage stability, SVC model, voltage-maximum loading values, bus voltage profiles

### GİRİŞ

Son yıllarda, meydana gelen teknolojik gelişmelerle birlikte talep edilen güçteki artışlar iletim hatlarının aşırı yüklenmesine, yükün dengesiz biçimde paylaşılmasına ve güç sistemlerinin çalışma koşullarında değişimlere neden olmaktadır (Çiftçi, 2015). Bir güç sisteminde kararlılık, genel olarak rotor açısı kararlılığı, ve gerilim kararlılığı olarak sınıflandırılmaktadır (Kundur ve ark.,2004). Rotor açısı kararlılığı, bir güç sistemindeki birbirine bağlı senkron makinelerin bozucu etkiye maruz kaldıktan sonra elektromanyetik ve mekanik tork arasında dengenin sağlanmasıyla senkronizasyonda kalma yeteneği olarak tanımlanabilir. Gerilim kararlılığı ise, bir güç sisteminin yük artışı, hatların devre dışı kalması, kısa devre vb. bozucu bir etkiye maruz kaldıktan sonra gerilimin her barada istenen seviyede tutulabilmesidir (Güleryüz, 2011). Gerilim kararlılığı baraların gerilim-maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişki olarak da ifade edilebilmektedir (Döşoğlu ve ark.,2019). Güç sistemlerinde gerilim kararsızlığının meydana gelmesinin en önemli sebebi ise, aşırı yüklü sistemlerde gerilim değerinin belirli bir değerde tutulabilmesi için sistemin ihtiyaç duyduğu reaktif gücün karşılanamamasıdır (Çiftçi, 2015).



Bara geriliminin reaktif güce bağlı olarak kontrol edilmesi gerilim kararlılığı açısından son derece önemli olup, günümüz teknolojisinde bu kontrol için Esnek AC İletim Sistemi (FACTS) cihazlarından Statik Var Kompansatör (SVC) tercih edilmektedir. SVC sistemin güç kapasitesinin artırılması, baraların gerilim kontrolünün sağlanması, güç transferinin daha iyi sağlanabilmesi gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır (Döşoğlu ve Poyraz, 2019). Bunun dışında, yapılan çeşitli çalışmalarda SVC kullanılarak arıza durumunda düşen bara geriliminin kompanze edilmesiyle meydana gelen salınımların sönümlenmesi (Cong ve ark.,2004), (Cong ve ark.,2005) ve hat kopmaları sonucunda meydana gelen olumsuz durumların minimum seviyeye indirilmesi amacıyla SVC tercih edilmiştir (Ghorbani ve ark.,2012), ( Singh ve ark.,2013). Güç sisteminin gerilim profilini korumak, gerilim düşmesini en aza indirmek, gerilim kararlılık indeksi kullanarak güç kayıplarını azaltmak gibi amaçlarla, SVC'nin optimal yerleşimi sağlanarak güç sisteminin daha etkin ve verimli kullanımı sağlanmıştır (Haque,2007), ( Thukuram ve Lomi, 2000), ( Bhaladhare ve Bedekar, 2013), ( Skaria ve ark.,2014).

Bu çalışmada, Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT) kullanılarak, SVC modelinin farklı çalışma koşullarındaki etkileri IEEE 14 baralı sistemde incelenmiş ve farklı indüktif ve kapasitif değerlerdeki gerilim-maksimum yüklenme parametreleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, indüktif ve kapasitif çalışma durumları için baraların gerilim genlik profil değişimleri incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

### Gerilim Kararlılığı

Gerilim kararlılığı arıza veya bozucu bir etki sonrası tüm bara gerilimlerinin belirli limitlerde sabit tutulması olarak ifade edilebilir. Gerilim düşmesi veya talep edilen yük miktarındaki artış sistemde gerilim kararsızlığına yol açan önemli faktörler olmasına rağmen, başlıca sebep reaktif güç talebinin karşılanamamasıdır. Reaktif güç desteğinin belirlenen sınırlar altında kalması durumunda baralarda gerilim düşümü başlar ve sistem çökmeye gidebilir. Dahası reaktif güç gereksiniminin karşılanamaması aktif ve reaktif güç akışında gerilim dengesizliğine neden olmaktadır (Kundur ve ark.,1994). Reaktif güce bağlı gerilim dengelemesi gerilim kararlılığı açısından öneme sahiptir. Bunun için gerilim-maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişki incelenmektedir. Sistemin gerilim-maksimum yüklenme parametresi ile baranın aktif-reaktif güç değeri arasındaki ilişki Denklem (1) ve Denklem (2)'de yer aldığı gibidir.

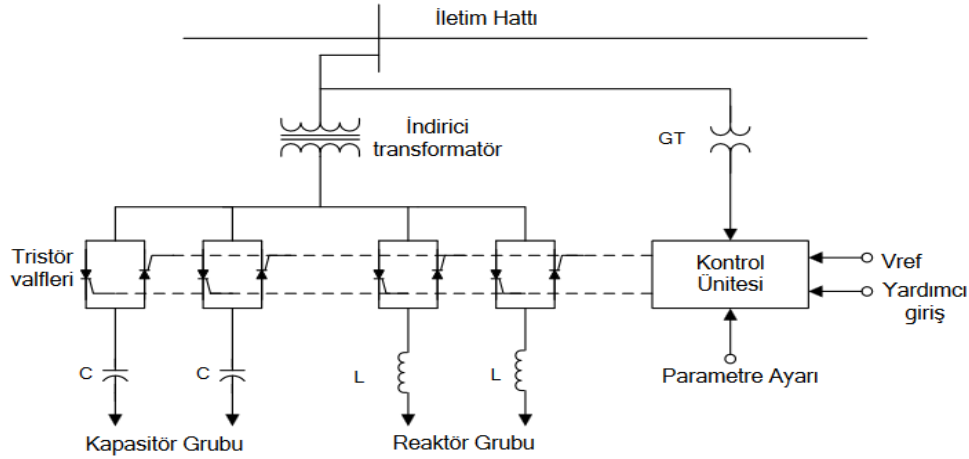
$$P_L = P_{L0}(1 + \lambda) \quad (1)$$

$$Q_L = Q_{L0}(1 + \lambda) \quad (2)$$

Bu denklemlerde,  $P_L$  ve  $Q_L$  ifadeleri yükün aktif ve reaktif güç değerleri iken,  $P_{L0}$  ve  $Q_{L0}$  ifadeleri yükün başlangıç aktif ve reaktif güç değerlerini gösterir.  $\lambda$  ise maksimum yüklenme parametresi olarak ifade edilmektedir. Sürekli yük akışı, bir güç sisteminin farklı yük ve üretim koşullarındaki gerilim değişimlerini ve maksimum kapasitesini analiz etmek için kullanılır ve bu koşullardaki sürekli durum davranışlarını incelemektedir (Chiang ve ark.,1995). Sürekli yük akışında gerilim ve maksimum yüklenme parametresi arasındaki ilişkiden yararlanılmaktadır ve analizinde güç akış denklemlerine  $\lambda$  yük parametresi eklenir. Denklemlerin çözümünde ilk olarak geleneksel güç akışından başlangıç temel değerleri bulunur. Bunun sonrasında, farklı yük parametresine teğet bir tahminci uygulanır ve tahmin edilen çözüme, düzeltici adım hesaplamaları uygulanır. Bu işlemler kritik noktaya kadar devam eder (Döşoğlu ve Kılıç,2019).

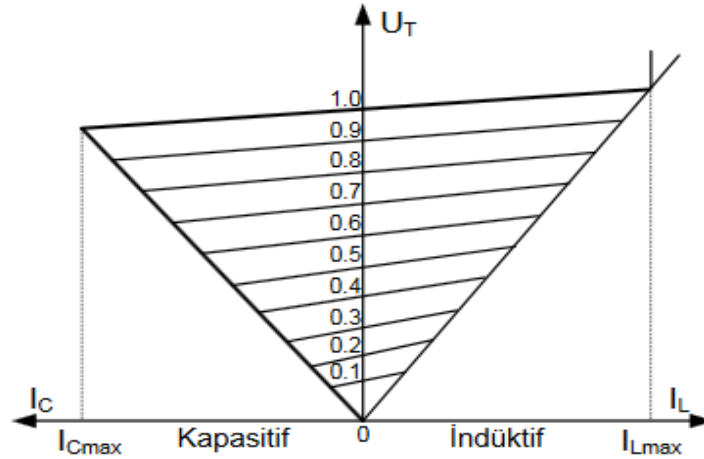
### Statik Var Kompansatör (SVC)

Statik VAR Kompansatörleri (SVC), genellikle yüksek hızlı tristör anahtarlama / kontrollü reaktif cihazların kullanımıyla dinamik gerilim kontrolü için mükemmel bir hızlı kontrol edilebilir reaktif şönt kompanzasyon kaynağı sağlar. Bir SVC tipik olarak, bağlantı (coupling) transformatörü, tristör valfleri, reaktörler ve kapasitörler (genellikle harmonik filtreleme için ayarlanır) olmak üzere dört ana bileşenden oluşur: SVC'ler, bara gerilimi üzerinde daha hızlı kontrole sahip olan ve mekanik anahtarlama geleneksel cihazlara kıyasla daha gelişmiş teknolojiye dayalı kontrolörler gerektiren geleneksel tristörlerden oluşur. SVC'ler reaktif güç üretebilen veya absorbe edebilen şönt bağlantılı cihazlardır. Kapasitif veya indüktif akımın kontrollü bir çıkışına sahip olarak, bağlantı barasında gerilim kararlılığını koruyabilirler. Şekil 1'de SVC devre yapısı görülmektedir.



Şekil 1. SVC devre yapısı

SVC Tristör Kontrollü Reaktör (TCR), ve Tristör Anahtarlama Kapasitör (TSC)'den oluşmaktadır. TCR, endüktif akımı sürekli olarak artırmak veya azaltmak için tetikleme açısı kontrolünü kullanır. TSR'de sisteme bağlı olan reaktör grupları kademeli olarak açılır ve kapanır, böylece sürekli tetikleme açısı kontrolü sağlanmış olur. SVC'ler genellikle yük baralarına bağlandıklarından dolayı yüksek gerilim değerlerine sahiptirler. (Chiang ve ark.,1995), ( Ioannides ve Tegopoulos, 1990). Bu yüzden SVC genişletilmiş gerilim seviyesi kapasitesi için seri ya da paralel bağlı daha fazla tristör valfli modüler bir tasarıma sahiptir. Genel olarak, SVC'lerle kullanılan iki tristörlü valf kontrollü / anahtarlama tristör kontrollü reaktör (TCR) ve tristör anahtarlama kapasitördür (TSC). TSC kademeli olarak sisteme cevap sağlamakta ve TCR'nin pürüzsüz veya sürekli değişken bir süseptans kontrolünün gerçekleştirilmesini sağlamaktadır. SVC gerilim düzenleme modu ve Var kontrol modu olmak üzere iki farklı durumda çalışabilir. SVC gerilim düzenleme modunda çalıştırıldığında, Şekil 2'de yer alan V-I karakteristiğini uygular. B olarak ifade edilen SVC süseptansı, kapasitör grupları ( $BC_{max}$ ) ve reaktör gruplarının ( $BL_{max}$ ) toplam reaktif gücü tarafından uygulanan maksimum ve minimum süseptans değerleri içinde kaldığı sürece gerilim ve referans gerilimi ( $V_{ref}$ ) ayarlanır. Bununla birlikte, genellikle maksimum reaktif güç çıkışında % 1 ile % 4 arasında gerilim düşümünde kullanılır. SVC V-I karakteristiği Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. SVC'nin V-I karakteristiği

SVC'nin V-I karakteristiği ve çalışma bölgesi denklem (3) ile denklem (5) arasında gösterilmiştir.

$$V = V_{ref} \times X_s \times I \quad (3)$$

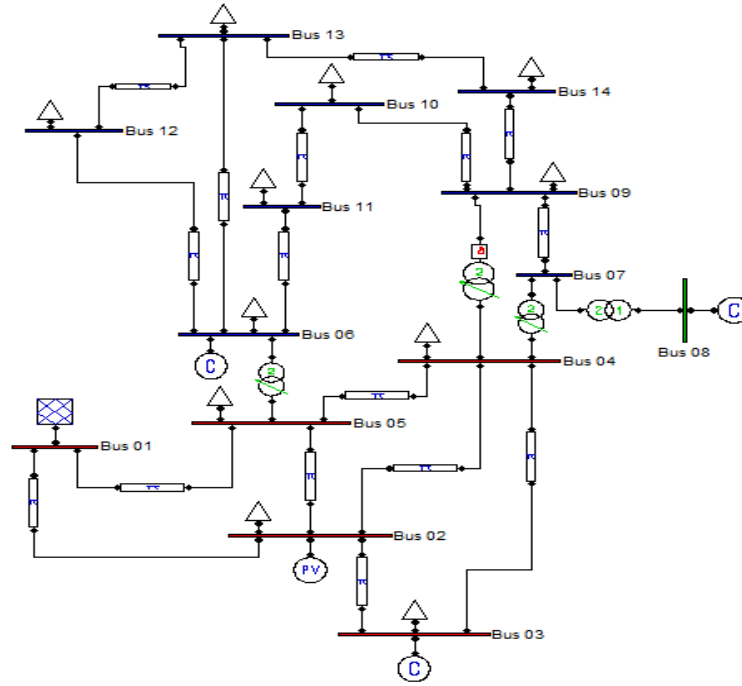
$$V = I / BC_{max} \quad (4)$$

$$V = I / BL_{\max} \quad (5)$$

SVC'nin regülasyon aralığında olması durumunda ( $-B_{\max} < B < BL_{\max}$ ) denklem (3) kullanılmaktadır. SVC'nin tamamen kapasitif olması durumunda ( $B = B_{C_{\max}}$ ) denklem (4) kullanılırken, SVC'nin tamamen endüktif olması durumunda ( $B = BL_{\max}$ ) denklem (5) kullanılmaktadır. Burada  $V$  pozitif sıralı gerilimdir. (p.u.)  $I$  reaktif akımdır.  $X_s$ , eğim veya düşüm reaktansıdır.  $B_{C_{\max}}$  tüm TSC'ler kullanımda iken TSR veya TCR olmadan maksimum kapasitif süseptans ifadesidir.  $BL_{\max}$  tüm TSR'lerin kullanımda iken veya TCR'lerin tam iletimde olduğu durumda TSC'nin bulunmadığı maksimum endüktif süseptanstır.  $P_{base}$  ise, üç fazlı temel güçtür.  $I$  değerinin 0'dan büyük olması endüktif akımı belirtmektedir.

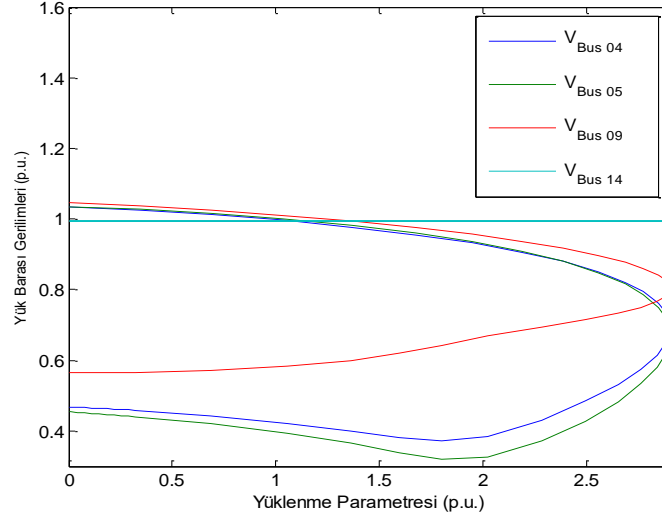
### BULGULAR ve TARTIŞMA

Bu çalışmada Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT) (Milano, 2005) kullanılarak, Şekil 3'te yer alan IEEE 14 baralı güç sisteminde analiz gerçekleştirilmiş ve sürekli yük akışının ele alındığı SVC'de çeşitli endüktif ve kapasitif değerlerdeki gerilim-maksimum yüklenme parametreleri arasındaki ilişkiler üç farklı analiz gerçekleştirilerek değerlendirilmiştir. Ayrıca, farklı çalışma koşullarındaki gerilim genlik profil değişimleri de ele alınmıştır. Bu sistemde, salınım barası olarak 1 numaralı bara, generatör barası olarak 2,3,6 ve 8 numaralı baralar ve yük barası olarak ise kalan diğer baralar belirlenmiştir. Sistemde, 5-6, 4-8 ve 4-9 numaralı iletim hatlarında gerilim düşürücü transformatörler mevcuttur. Bunun dışında, 5-6 ve 4-9 numaralı iletim hatlarında ise kademe değiştirme ve faz kaydırma işlemleri yapılmaktadır. Sistemde SVC yok iken yapılan sürekli yük akışı sonucunda maksimum yüklenme parametre değeri 2.82 p.u. olarak elde edilmiştir.

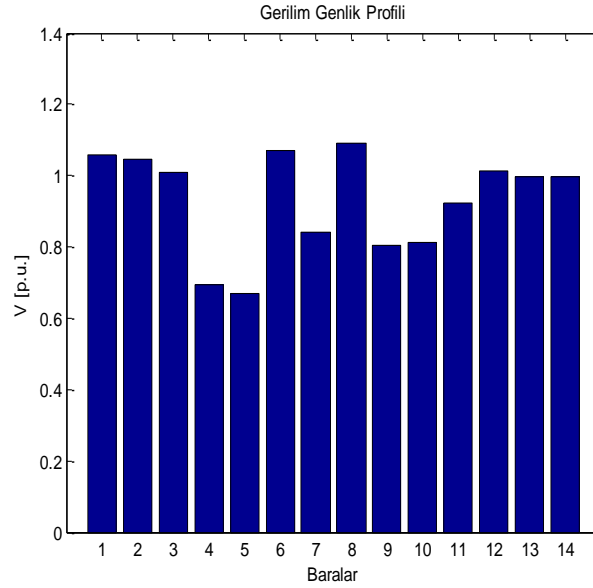


Şekil 3. IEEE 14 Baralı güç sistemi modeli.

İlk analizde, IEEE 14 baralı güç sisteminde 100 MVA gücündeki SVC'nin endüktif 0.02 p.u ve kapasitif 1 p.u değerleri için 2.9081 p.u değerinde maksimum yüklenme parametresi elde edilmiştir. SVC endüktif ve kapasitif çalışma değerlerindeki gerilim-maksimum yüklenme parametresi ilişkisi Şekil 4'te verilirken, baraların gerilim genlik profili Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 4. İlk analiz için gerilim-maksimum yüklenme parametresi ilişkisi (maksimum yüklenme parametresi=2.9081).



Şekil 5. İlk analiz için baraların gerilim genlik profili (maksimum yüklenme parametresi=2.9081).

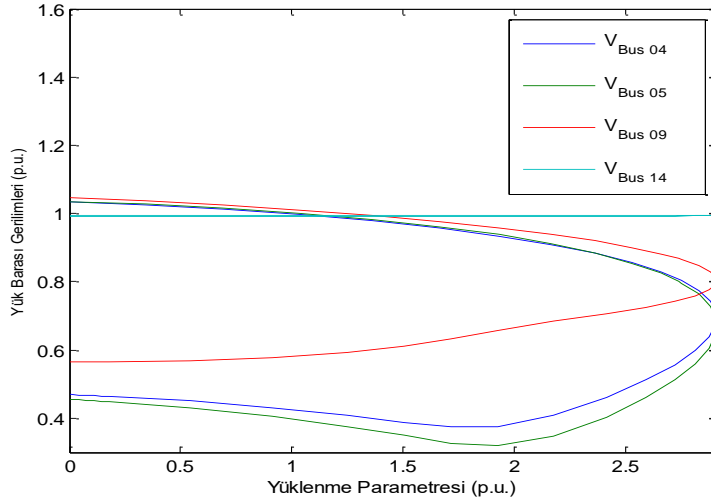
İkinci analizde IEEE 14 baralı güç sisteminde 100 MVA gücünde olan SVC'nin, kapasitif değeri 1 p.u'de sabit tutulmuş ve 5 farklı endüktif değer için elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Sabit kapasitif ve farklı endüktif değerler için yüklenme parametresi.

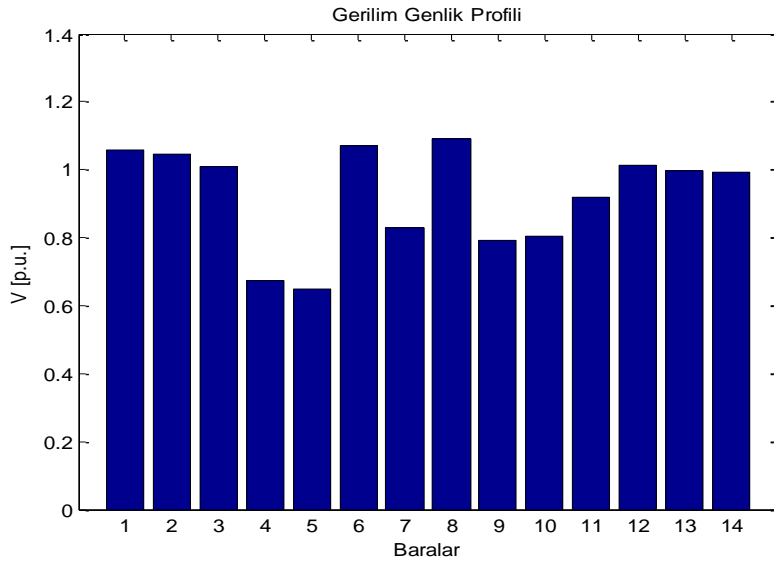
SVC endüktif değer	SVC kapasitif değer	Yüklenme parametresi
0.01	1	2.9082
0.05	1	2.9084
0.1	1	2.9079
0.5	1	2.9084
1	1	2.9059

Tablo 1'den görüleceği üzere SVC'nin kapasitif değeri sabit tutularak endüktif değeri arttırıldıkça, bazı durumlarda maksimum yüklenme parametre değerinin azaldığı, diğer durumlarda ise maksimum yüklenme parametre değerlerinin arttığı görülmektedir. Tablodaki durum için maksimum yüklenme parametre değerinin

en yüksek olduğu durum SVC endüktif değerinin 0.5 ve 0.05 olduğu SVC kapasitif değerinin 1 p.u olduğu durum olurken, maksimum yüklenme parametre değerinin en küçük olduğu durum hem SVC endüktif değerinin hem de SVC kapasitif değerinin 1 p.u. olduğu durum olmuştur. Benzetim çalışmasında ikinci analiz sonuçlarında SVC endüktif değerinin 1 p.u ve SVC kapasitif değerinin 1 p.u. olduğu durum incelenmiştir. Birinci ve ikinci analizlerde SVC'nin 14 baralı yük barasına bağlanması ile baraların gerilim genlik profil değerleri yükselmiştir. İkinci analizde sistemin gerilim-maksimum yüklenme parametresi ilişkisi Şekil 6'da verilirken, baraların gerilim genlik profili Şekil 7'de gösterilmiştir.

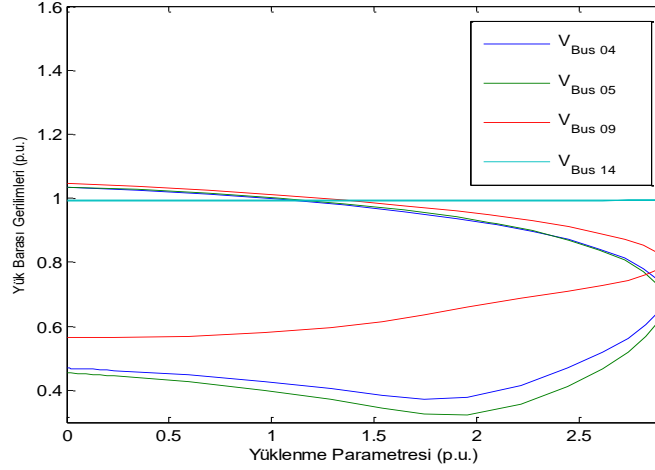


Şekil 6. İkinci analiz için gerilim-maksimum yüklenme parametresi ilişkisi (maksimum yüklenme parametresi=2.9059).

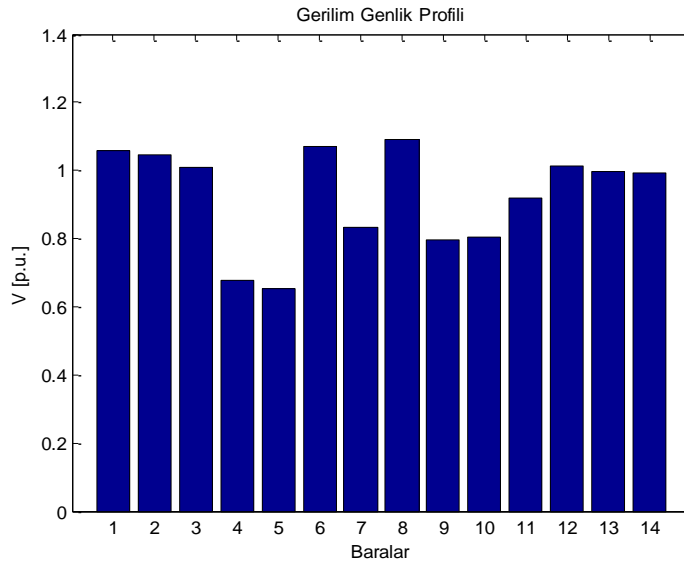


Şekil 7. İkinci analiz için baraların gerilim genlik profili (maksimum yüklenme parametresi=2.9059).

Üçüncü analizde ise IEEE 14 baralı güç sisteminde 100 MVA gücünde olan SVC'nin endüktif değerinin 1 p.u ve kapasitif değerinin 0.08 p.u olduğu durumda elde edilen maksimum yüklenme parametresi değeri 2.9057 p.u'dur. Elde edilen sonuca göre gerilim-maksimum yüklenme parametresi ilişkisi Şekil 8'de verilirken, baraların gerilim genlik profili Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 8. Üçüncü analiz için gerilim-maksimum yüklenme parametresi ilişkisi (maksimum yüklenme parametresi=2.9057).



Şekil 9. Üçüncü analiz için baraların gerilim genlik profili (maksimum yüklenme parametresi=2.9057).

Üçüncü analiz yönteminde bu defa SVC endüktif değeri sabit tutulup, SVC kapasitif değerler farklı değerler almıştır. 5 farklı durum için elde edilen sonuçlar Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Sabit endüktif ve farklı kapasitif değerler için yüklenme parametresi.

SVC endüktif değer	SVC kapasitif değer	Yüklenme parametresi
1	0.15	2.908
1	0.3	2.908
1	0.5	2.9055
1	0.7	2.9084
1	1	2.9059

Tablo 2’de görüldüğü gibi SVC’nin endüktif değeri sabit tutularak kapasitif değerler arttırıldıkça, bazı durumlarda maksimum yüklenme parametre değerinin azaldığı, diğer durumlarda ise maksimum yüklenme parametre değerlerinin arttığı görülmektedir. Tablodaki durum için maksimum yüklenme parametre değerinin en yüksek olduğu durum SVC endüktif değerinin 1 p.u. olduğu durum, SVC kapasitif değerinin 0.7 p.u olduğu durum olurken, maksimum yüklenme parametre değerinin en küçük olduğu durum SVC endüktif değerinin 1 p.u. olduğu durumda, SVC kapasitif değerinin 0.5 p.u. olduğu durum olmuştur. Üçüncü analizde SVC’nin 14 baralı yük barasına bağlanmasına bağlı olarak baraların gerilim genlik profil değerleri yükselmiştir.

## SONUÇ

Çok baralı güç sistemlerinde sistemin yüklenebilirliğini arttırmak için Esnek AC İletim Sistemi (FACTS) elemanlarından SVC kullanılarak farklı endüktif ve kapasitif çalışma durumlarına göre optimum değerlerin bulunması bu çalışmada incelenmiştir. Öncelikli olarak SVC'nin IEEE 14 baralı sistemde en zayıf olan yük barasına bağlanması için yük akışı analizi gerçekleştirilmiştir. 14 numaralı yük barasında SVC bağlanması ile maksimum yüklenme parametre değerinin 2.82 p.u. değerinden 2.90 p.u. seviyelerine yükseldiği görülmüştür. Yapılan çalışmada SVC'nin hem endüktif ve hem de kapasitif değerlerde kullanılmasında sistemin maksimum yüklenme parametresi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Her iki çalışma modunun da sistem maksimum yüklenme parametre değerlerini değiştirdiği görülmüştür. Üç analiz sonucunda en iyi maksimum yüklenme parametre değerleri SVC endüktif değerinin 0.5 p.u., SVC kapasitif değerinin 1 p.u olduğu durum ve SVC endüktif değerinin 1 p.u., SVC kapasitif değerinin 0.7 p.u olduğu durumlar olarak belirlenmiştir. SVC'nin IEEE 14 baralı sistemde kullanılması ile endüktif ve kapasitif çalışma durumlarında baraların gerilim genlik profil değerlerini arttırdığı görülmüştür.

## KAYNAKLAR

- Bhaladhare SB, Bedekar PP 2013. Enhancement of voltage stability through optimal location of SVC'', International Journal of Electronics and Computer Science Engineering, 2(2):671–677.
- Chiang HD, Flueck AJ, Shah KS and Balu N 1995. "CPFLOW: A practical tool for tracing power system steady-state stationary behavior due to load and generation variations," IEEE Transactions on Power Systems, 10(2):623-634.
- Çiftçi A 2015. Facts cihazları kullanılan elektrik güç sistemlerinde enerji fonksiyonu ile gerilim kararlılığı analizi. Sakarya: Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.
- Döşoğlu MK, Dursun M, Güvenç U 2019. Farklı noktalardaki hat kopmalarının gerilim kararlılığı üzerindeki etkileri. Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 11(2): 70-80.
- Döşoğlu MK, Poyraz G 2019. Detaylı ve sadeleştirilmiş SVC modellerinin gerilim kararlılığı üzerindeki etkileri. 2. Uluslararası Türk Dünyası Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi, 2 (2): 529-536.
- Döşoğlu MK, Kılıç TE 2019. Güç Sistemlerinde Gerilim Kararlılığı Analizinin UPFC-EDS ile İncelenmesi. 3. Uluslararası Mühendislik Araştırmaları Sempozyumu (INERS'19),327-332.
- Güleryüz M 2011. Facts cihazları ve rüzgar enerji santrallerinin gerilim kararlılığına etkilerinin incelenmesi. İstanbul :İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi.
- Haque MH 2007. Best location of SVC to improve first swing stability limit of a power system. Electric Power Systems Research, 77(10): 1402-1409.
- Ioannides MG, Tegopoulos JA 1990. Generalized optimization slip power recovery drives, IEEE Transactions on Energy Conversion, 5(1): 91-97.
- Kundur P, Paserba J, Ajarapu V, Anderson G, Bose A, Canizares C, Hatziargyriou N, Hill D, Stankovic A, Taylor C, Cutsem TV, Vittal V 2004. Definition and classification of power system stability. IEEE Transaction of Power System, 19(2): 1387–1401.
- Kundur P, Balu NJ, Lauby MG (1994). Power System Stability and Control, (7), New York: McGraw-Hill.
- Milano F 2005. An open source power system analysis toolbox. IEEE Transactions on Power systems, 20(3): 1199-1206.
- Skaria NA, Baby S, Anumodu DM 2014. Genetic algorithm based optimal location of SVC in power system for voltage stability enhancement. Emerging Research Areas: Magnetics Machines and Drives (AICERA/iCMMD) 2014 Annual International Conference on, 1-6.
- Thukaram D, Lomi A 2000. Selection of static VAR compensator location and size for system voltage stability improvement. Electric Power Systems Research, 54(2): 139-150.

## Mikrodalga, infrared ve konvansiyonel kavurma işlemlerinin menengiç (*Pistacia terebinthus*) tohumlarının fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Canan Ekinci\*, Safiye Nur Dirim

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: cananekinci95@gmail.com

### Özet

Antik çağlardan beri tıbbi aromatik bir bitki türü olarak kullanılan menengiç (*Pistacia terebinthus*), zengin besin içeriği sayesinde özellikle Orta Doğu ve Güney Avrupa'da sıklıkla tüketilmektedir. Ülkemizde genellikle kahve olarak kullanılsa da, çerez olarak da tüketilebilmekte ve Bittim sabunu içerisinde de kullanılmaktadır. Bu çalışmada farklı yöntemlerle (mikrodalga, infrared ve konvansiyonel) kavruan menengiç tohumlarının bazı fiziksel özellikleri (renk, nem içeriği ve su aktivitesi) incelenerek değerlendirilmiştir. Yağlı tohumlarda istenilen bazı aroma maddelerinin oluşabilmesi, yağın tohumdan kolaylıkla ayrılabilmesi ve su aktivitesi ve nemin düşürülerek raf ömrünün uzatılabilmesi için kavurma işlemi uygulanmaktadır. Kavurma işlemi sırasında oluşan bazı reaksiyonlar sonucunda ürünün renk, nem içeriği ve su aktivitesi gibi bazı fiziksel özellikleri etkilenmektedir. Bu nedenle istenilen ürün için uygun kavurma koşullarının ve yöntemlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Mikrodalga fırında kavurma 350 (40 dak.), 500 (30 dak.) ve 650 W (20 dak.); infrared kavurma 900 (40 dak.) ve 1000 W (30 dak.) güçlerde; konvansiyonel kavurma işlemi ise 150 (40 dak.), 180 (30 dak.) ve 200 °C (20 dak.) sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda L\* (27.39±0.05-28.64±0.93), a\* (-0.10±0.05-1.00±0.32) ve b\* (2.77±0.37-4.26±0.48) değerleri ölçülmüş ve Kroma (2.81±0.34-4.64±0.27), hue açısı (-0.75±0.76-1.23±0.33) ve toplam renk değişimi (61.21±0.05-62.49±0.41) hesaplanmıştır. Kavrulmamış menengiç tohumlarına kıyasla tüm kavurma işlemleri sonucunda menengiç tohumlarının L\* ve b\* değerleri daha düşük ve a\* değerleri daha yüksek çıkmıştır. Kavrulmamış menengiç tohumlarının Kroma değeri (4.96±0.23) kavrulmuş örnekler göre daha yüksek, hue açısı değeri (-0.76±0.22) ise daha düşük hesaplanmıştır. Tüm sonuçlarda toplam renk değişim değerleri 2'den büyük olduğu için renk değişimleri belirgindir ve insanlar tarafından bu değişim algılanabilir. Kavruan örneklerin nem içeriği değerleri %0.110±0.046 ile %2.572±1.888 arasında, su aktivitesi değerleri ise 0.105±0.028 ile 0.294±0.020 arasında değişmiştir. Menengiç tohumlarının nem içeriği ve su aktivitesi değerleri kavurma işlemi sonucunda düşerek daha dayanıklı ürünler ortaya çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Menengiç, kavurma, mikrodalga, infrared, konvansiyonel, renk, su aktivitesi, nem içeriği.

### Effect of microwave, infrared and conventional roasting processes on physical properties of menengiç (*Pistacia terebinthus*) seeds

#### Abstract

Menengiç (*Pistacia terebinthus*), which has been used as a medicinal, aromatic plant species since ancient times, is frequently consumed, especially in the Middle East and Southern Europe due to its rich nutritional content. Although it is generally used for making coffee in our country, it can also be consumed as a snack and used in the production of Bittim soap. In this study, some physical properties (color, moisture content, and water activity) of menengiç seeds, which were roasted by different methods (microwave, infrared and conventional), were evaluated. The roasting process is applied to oil seeds in order to form some desired aromatic substances in oil seeds, to separate oil from seeds easily, and to extend shelf life by decreasing water activity and moisture. As a result of some reactions during the roasting process, some physical properties of the product such as color, moisture content, and water activity are affected. Therefore, suitable roasting conditions and methods must be determined for the desired product. Roasting in microwave oven at 350 (40 min), 500 (30 min) and 650 W (20 min); by infrared at 900 (40 min) and 1000 W (30 min) powers; conventional oven at 150 (40 min), 180 (30 min) and 200 °C (20 min) were performed. At the end of the study, L\* (27.39±0.05-28.64±0.93), a\* (-0.10±0.05-1.00±0.32) and b\* (2.77±0.37-4.26±0.48) values were measured and Chroma (2.81±0.34-4.64±0.27), hue angle (-0.75±0.76-1.23±0.33) and total color change (61.21±0.05-62.49±0.41) values were calculated. As a result of all roasting processes, L\* and b\* values of menengiç seeds were lower, and a\* values were higher compared to unroasted menengiç seeds. Chroma value of unroasted



menengiç seeds ( $4.96 \pm 0.23$ ) was higher than that of roasted samples, on the other hand hue angle value ( $-0.76 \pm 0.22$ ) was lower. Since the total color change values in all results are greater than 2, color changes are evident and can be perceived by people. The moisture content values of the samples were varied between  $0.110 \pm 0.046\%$  and  $2.572 \pm 1.888\%$ , and water activity values ranged between  $0.105 \pm 0.028$  and  $0.294 \pm 0.020$ . The moisture content and water activity values of Menengiç seeds decreased as a result of roasting and more durable products emerged.

**Keywords:** Menengiç, roasting, microwave, infrared, conventional, color, water activity, moisture content.

## GİRİŞ

*Pistacia terebinthus* L., Anacardiaceae familyasına ait, yaklaşık 2-6 m uzunluğunda, Orta Doğu ve Güney Avrupa'da yaygın olarak yetişen, hem çalı hem de ağaca benzeyen bir bitki türüdür (Aydın ve Özcan, 2002). Bu bitkinin meyveleri 4-6 mm ebatlarında, yuvarlakça (Dalgıç ve ark., 2011) ve mor/koyu pembe rengindedir (Çağran, 2007). Olgunlaştığında bu meyveler mavimsi yeşil renge dönüşür (Dalgıç ve ark., 2011). Farklı bölgelerde bu meyveler menengiç, çitlembik, çitemik, çıtlık, çedene ve bittim gibi farklı isimler alır (Hayoğlu ve İzol, 2010). Menengiç bitkisi reçineli maddeler ve tanen açısından zengindir ve aromatik özellikleriyle bilinir. Menengiç meyveleri genellikle kahve olarak pişirilerek ya da atıştırılabilir olarak tüketilir. Yağlı bir meyve olduğundan dolayı, meyvelerinden çıkarılan yağ, Türkiye'de sabun (Bittim sabunu) üretiminde ve bazı yörelerde yemeklik yağ olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1984; Dalgıç ve ark., 2011). Ayrıca meyvelerin yöresel bir ekmek içerisinde de kullanıldığı bilinmektedir (Baytop, 1984). Zengin içeriği sayesinde dünyanın değişik bölgelerinde antik çağlardan beri menengiçten tıbbi aromatik bitki türü olarak yararlanılmaktadır (Secilmis ve ark., 2014). Menengiç meyvesi özellikle yağ olmak üzere ayrıca protein ve lif açısından da zengindir (Özcan, 2004). Menengiç tohumları ortalama; %53.7 yağ, %19.6 protein, %6.1 şeker, %5.6 su, %3 kül ve %2.2 lif içerir (Dalgıç, 1990). Ayrıca Karacan ve Çağran (2009) tarafından yapılan bir çalışmada menengiç meyvesinin kalitatif olarak Al, B, Ba, Bi, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Ge, K, La, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Se, Si ve Zn gibi elementleri içerdiği belirtilmiştir. Özcan (2009) tarafından yapılan çalışmada da kanser gibi hastalıkların önlenmesinde ve tedavisinde katkı sağlayabilecek flavonol bileşiklerini (kuersetin, miyrisetin, ve kamferol) içerdiği belirtilmiştir. Ayrıca halk arasında güneş çarpması, mide rahatsızlıkları, karın ağrısı, ayak terlemesine karşı etkisinin olduğu; ülser, astım, öksürük, romatizma, yara ve yanık hastalıkları tedavisinde kullanıldığı ve enfeksiyon giderici, idrar söktürücü ve ateş düşürücü özelliklerinin olduğu bilinmektedir (Yesilada ve ark., 1995; Tuzlacı ve Aymaz., 2001; Dalgıç ve ark., 2011).

Yağlı meyve ve tohumlara, istenilen aroma bileşenlerinin oluşabilmesi, meyve ve tohumlardaki yağ moleküllerinin dışarıya kolayca çıkarılıp yağın daha etkin bir şekilde alınabilmesi ve su aktivitesinin düşmesiyle beraber raf ömrünün uzatılabilmesi için kavurma işlemi uygulanır (Dalgıç ve ark., 2011). Kavurma işlemi sırasında lipit oksidasyonu, karamelizasyon ve Maillard reaksiyonları meydana gelir (Chirinos ve ark., 2016; Rufián-Henares ve ark., 2009). Montavon ve ark. (2003) tarafından yapılan çalışmada kavurma işlemi sonucunda ürünlerin doku, lezzet, renk ve görünümünün iyi yönde etkilendiği vurgulanmıştır. Ayrıca kavru lan örneğe kuruma işlemi sağlanabilir ve gevreklik kazandırılabilir (Hoke ve ark., 2007; Sharma ve Gujral, 2011). Kavurma işlemi, konvansiyonel fırınlar, mikrodalga fırınlar, infrared sistemli fırınlar kullanılarak yapılabilir (Krysiak, 2011; Krishnamurthy ve ark., 2008). Mikrodalgalar (dalga boyu: 1 mm-1 m; frekans aralığı: 300 MHz-300 GHz) iyonize edici olmayan elektromanyetik dalgalardır (Konak ve ark., 2009). Mikrodalga enerjisi pişirme, ısıtma çözdürme, tavlama, kurutma, pastörizasyon ve sterilizasyon gibi gıda işlemlerinde kullanılır (Oliveira ve Franca, 2002). İnfrared (Kızılötesi radyasyon-IR) ısıtma, (dalgaboyu: 0.76-1000 mm) ısı enerjisi elektromanyetik dalga olarak aktarır. Dalga boylarına göre yakın (0.76-2 mm), orta (2-4 mm) ve uzak (4-1000 mm) infrared olarak ayrılır (Özkoç, 2010). İnfrared ısıtma; kurutma, haşlama, pişirme, çözdürme, kızartma, kavurma, pastörizasyon ve sterilizasyon gibi gıda uygulamalarında kullanılır (Krishnamurthy ve ark., 2008). Konvansiyonel ısıtma, geleneksel fırınlarda sıcak hava ile sağlanır. Isıtıcı rezistanslardan sıcak hava elde edilir ve bir fan motoru ile pişirme ortamına eşit olarak dağıtılır (Erek ve ark., 2011).

Bu çalışmada menengiç tohumları, literatür araştırmaları (Secilmis ve ark., 2014) ve bazı ön denemeler sonucunda belirlenen renk değerlerine kadar farklı koşullarda ve farklı yöntemlerle kavru lmuş ve çalışma, kavurma işleminin menengiç tohumlarının fiziksel özellikleri üzerine etkisini inceleyip değerlendirebilmek amacıyla yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Materyal

Bu çalışma için kullanılacak olan 2019 hasadı menengiç (*Pistacia terebinthus*) tohumları Hatay'daki bir yerel satıcıdan Eylül ayında temin edilmiştir. Menengiç tohumları dal ve yaprak gibi yabancı maddelerden temizlenmiş ve 4 °C buzdolabında muhafaza edilmiştir.

### Metot

#### Menengiç Tohumlarının Kavrulması

Menengiç tohumlarının kavrulması için Hotpoint-Ariston (MWhA 27343 B, İtalya, 25 lt, 230 V, 50 Hz, 1900 W) marka ve Arçelik (MD 564, 20 lt, Türkiye, 230 V, 50 Hz, 2200 W) marka programlanabilir mikrodalga fırın kullanılmıştır. Mikrodalga kavurma 350 (40dak.), 500 (30 dak.) ve 650 W (20 dak.); infrared kavurma 900 (40 dak.) ve 1000 W (30 dak.) güçlerde; konvansiyonel kavurma işlemi ise 150 (40 dak.), 180 (30 dak.) ve 200 °C (20 dak.) sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Arçelik marka fırında yalnızca 1000 W gücünde infrared kavurma işlemi yapılmıştır. Mikrodalga ve konvansiyonel kavurma işlemlerinde 5 dakikada bir, infrared kavurma işlemlerinde ise 10 dakikada bir karıştırma işlemi yapılmıştır.

#### Renk Analizi

Kavrulmamış ve kavrulmuş tüm örneklerin renk değerleri Konica Minolta Chroma Meter CR-400 (Japonya) model kolorimetre ile  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri cinsinden ölçülmüştür. Sonuçlar 3 paralel olarak alınmış ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Kroma, toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ) ve Hue açısı ( $h^\circ$ ) değerleri aşağıda sırasıyla eşitlik (1), (2) ve (3)'te verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{Kroma} = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (1)$$

$$\Delta E = \sqrt{((L^* - L_0)^2 + (b^* - b_0)^2 + (a^* - a_0)^2)} \quad (2)$$

$$h^\circ = \tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (3)$$

#### Nem Analizi

Kavrulmuş ve kavrulmamış menengiç tohumları örneklerinin nem analizleri için kullanılacak olan petriler 105±2°C sıcaklığındaki etüvde 3 saat boyunca tutularak, petrilerdeki nem uzaklaştırılmıştır. Petrilerin sabit tartım değerleri kaydedilmiştir. Petrilere, 2 gram örnek tartılıp, homojenliği sağlamak için örnek, petri yüzeyine yayılmıştır. Örnekler sabit tartıma gelinceye kadar (yaklaşık 3 saat boyunca) etüvde bekletilmiştir. Bu işlemin ardından petriler desikatöre aktarılarak soğumaya bırakılmıştır. Soğuyan petriler tartılıp % nem değeri hesaplanmıştır (AOAC, 2005).

#### Su Aktivitesi Ölçümü

Kavrulmuş ve kavrulmamış menengiç tohumu örneklerinin su aktivitesi, ±0.001 hassasiyete sahip su aktivitesi ölçüm cihazı (Testo AG 400, Almanya) kullanılarak belirlenmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Menengiç tohumları, farklı koşullarda mikrodalga, konvansiyonel ve infrared fırın kullanılarak literatür araştırmaları (Secilmis ve ark., 2014) ve bazı ön denemeler sonucunda belirlenen renk değerlerine kadar kavrulmuştur. Kavrulan menengiç tohumlarının renk, nem içeriği ve su aktivitesi değerleri incelenmiştir.

### Renk

Gıda ürünlerinin en önemli kalite göstergelerinden biri renktir ve bir tüketici tarafından o ürünün kabul edilebilirliğini doğrudan etkiler (Bolek ve Ozdemir, 2017b). Renk, kavurma işlemi sırasında proses kontrolü için kullanılan parametrelerden biridir. Kavurma işlemi ile beraber esmerleşme ve karamelizasyon reaksiyonları meydana gelir ve kahverengi pigmentler artar (Moss ve Otten, 1989). Genellikle renk ile ilgili çalışmalarda CIE (Commission International de l'Eclairage: Uluslararası Aydınlatma Kurumu) renk modeli sistemi kullanılır. Bu renk modeli sisteminde;  $L^*$ , rengin parlaklık (0, siyah; 100, beyaz),  $a^*$ , kırmızılık ve yeşillik (-, yeşil; +, kırmızı),  $b^*$ , sarılık ve mavilik (-, mavi; +, sarı) değerlerini ifade eder. Bununla birlikte toplam renk değişimi ( $\Delta E$ ), uygulanan işlemin örneklerin renk değerleri üzerine etkisini belirlemek için hesaplanır (Devi ve Das, 2017).

Bu çalışmada menengiç örneklerinin kavrulmasıyla ilgili ön çalışmalar yapılmış ve literatürdeki çalışmalarda da öncelikli olarak değerlendirilen renk değerlerine ulaşılması hedeflenmiştir. Kavurma için kullanılan farklı koşullar bu amaca ve standardın sağlanmasına uygun olarak belirlenmiştir. Tablo 1’de kavrulmamış ve kavrulmuş menengiç tohumlarının L\*, a\*, b\*, Kroma, hue açısı ve ΔE değerleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Kavrulmamış ve kavrulmuş menengiç tohumlarının L\*, a\*, b\*, Kroma, hue açısı, ΔE değerleri

İşlem ve İşlem Koşulları	L*	a*	b*	Kroma	Hue Açısı	ΔE
Kavrulmamış Menengiç Tohumu	33.32±0.32	-0.84±0.25	4.69±0.26	4.96±0.23	-0.76±0.22	-
Mikrodalga (350 W) Fırında Kavurma	28.64±0.93	-0.10±0.05	3.33±0.94	3.35±0.95	-0.75±0.76	62.49±1.04
Mikrodalga (500 W) Fırında Kavurma	28.61±1.47	0.16±0.09	2.77±0.37	2.81±0.34	0.71±0.79	62.38±1.42
Mikrodalga (650 W) Fırında Kavurma	28.11±0.87	0.33±0.31	3.53±0.34	3.57±0.38	1.23±0.33	61.98±0.91
İnfrared (900 W) Kavurma	27.69±0.61	0.36±0.13	3.06±0.41	3.10±0.41	0.93±0.46	61.50±0.66
İnfrared (1000 W) Kavurma	28.57±0.30	1.00±0.32	4.26±0.48	4.64±0.27	1.10±0.20	62.49±0.41
Konvansiyonel (150 °C) Kavurma	28.44±0.74	0.35±0.23	3.74±0.24	3.79±0.24	0.97±0.44	62.34±0.77
Konvansiyonel (180 °C) Kavurma	28.12±0.67	0.48±0.14	3.58±0.25	3.63±0.25	0.92±0.49	62.00±0.64
Konvansiyonel (200 °C) Kavurma	27.39±0.05	0.31±0.21	3.11±0.04	3.14±0.05	0.69±0.72	61.21±0.05

Tüm kavurma işlemleri sonucunda, en düşük L\* değeri (27.39±0.05) en yüksek sıcaklık olan 200 °C’de konvansiyonel yöntem ile kavrulmuş örneklerde belirlenirken, en yüksek L\* değeri (28.64±0.93) ise en düşük güç olan 350 W gücünde mikrodalga yöntemi ile kavrulmuş örneklerde belirlenmiştir. L\* değerleri kavurma işlemlerinde 27.39±0.05 ile 28.64±0.93 arasında değişmiştir. Kavurma işlemi ile birlikte örneklerin L\* değerleri (33.32±0.32) düşmüştür. Konvansiyonel ve mikrodalga işlemi ile kavruan örneklerde sıcaklık ve güç arttıkça L\* değerlerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Bolek ve Ozdemir (2017a; 2017b) tarafından yapılan çalışmalarda da kavurma işlemi ile beraber menengiç tohumlarının, Berk ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada da susam tohumlarının L\* değerlerinin azaldığı belirtilmiştir. Maillard reaksiyonu ve fenolik polimerizasyonun L\* değerlerinin düşmesinde etkili olabileceği düşünülmüştür. Bu reaksiyonlar sonucunda oluşan melanoidin bileşiği, esmerleşmenin oluşmasında önemli etkiye sahiptir (Bolek ve Ozdemir, 2017b; Berk ve ark., 2019). Nagaraju ve ark. (2016) tarafından yapılan çalışmada da kavrulmuş kahve tanelerinde Maillard reaksiyonlarının kahverengi pigmentlerin oluşumuna sebep olan melanoidin bileşiklerinden kaynaklandığı belirtilmiştir. İnfrared yöntemi ile kavrulmuş örneklerde ise güç artırıldığında L\* değerlerinde bir azalma gözlenmemiştir. Literatür araştırmaları ve ön denemeler sonucunda belirlenen renk değerlerine kadar kavurma işlemleri yapıldığından her kavurma işlemi için belirlenen işlem süresi farklıdır. İnfrared kavurma işleminde 900 W gücünde kavruan örneklerin kavurma süresinin (40 dak.) daha uzun olması sebebiyle esmerleşmenin artması sonucunda L\* değerlerinin düştüğü düşünülmektedir. Secilmis ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada da kavurma süresi artırıldığında, menengiç tohumlarının L\* değerlerinin azaldığı tespit edilmiştir. Genel olarak tüm kavurma işlemleri sonucunda L\* değerlerinin fazla düşmediği görülmüştür. Bunun nedeninin menengiç tohumlarının yağlı bir tohum olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü, yağ parçacıkları ışığı dağıtarak tohumlara parlaklık verebilmektedir (Kahyaoglu ve Kaya, 2006). Kırmızılık ve yeşillik göstergesi olan a\* değeri en düşük (-0.10±0.05) 350 W mikrodalga gücünde kavruan örneklerde belirlenirken, en yüksek (1.00±0.32) değer ise 1000 W infrared enerjisi ile kavruan örneklerde belirlenmiştir. Kavurma işlemleri sonucunda a\*, -0.10±0.05 ile 1.00±0.32 değerleri arasında değişkenlik göstermiştir. Kavrulmamış menengiç tohumlarına (-0.84±0.25) kıyasla tüm kavurma işlemleri sonucunda a\* değerlerinde artış izlenmiştir. Mikrodalga ve infrared kavurma işlemleri sırasında güç arttıkça a\* değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Bolek ve Ozdemir, (2017b) tarafından yapılan çalışmada da menengiç tohumlarının a\* değerinin mikrodalga gücü ile beraber arttığı saptanmıştır. a\* değerlerinin artmasının L\* değerlerinin azalması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Kahyaoglu ve Kaya, 2006). Kavurma işlemi ile beraber parlaklık azalacağından dolayı renk koyulaşmaya başlayacak ve yeşillik kırmızılığa dönüşecektir. Konvansiyonel kavurma işleminde sıcaklık arttıkça a\* değerlerinde belirli bir artış ya da azalma gözlemlenmemiştir. Mavi ve sarılık göstergesi olan b\* değeri en düşük mikrodalga yöntemi ile 500 W gücünde kavruan örneklerde görülürken, en yüksek (4.26±0.48) ise infrared yöntemi ile 1000 W güç uygulanan örneklerde görülmüştür. Tüm kavurma işlemleri sonucunda b\* değerleri 2.77±0.37 ile 4.26±0.48 arasında değerler almıştır. Kavrulmuş örneklerin kavrulmamış örneklere (4.69±0.26) kıyasla b\* değerleri daha düşük çıkmıştır. Konvansiyonel yöntem ile kavruan örneklerin b\* değerleri kavurma sıcaklığı arttıkça azalmıştır. Bolek ve Ozdemir (2017a) tarafından yapılan çalışmada da kavurma sıcaklığı beraberinde menengiç tohumlarının b\* değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. İnfrared kavurma işleminde ise güç arttıkça b\* değerleri artmıştır. Bunun sebebinin 900 W güç kullanılan uygulamada örneklerin daha uzun süre (40 dak.) infrared enerjisine maruz kalması ile ilgili olduğu

düşünülmektedir. Uygulanan mikrodalga gücünün etkisiyle kavurma işlemi sonrasında b\* değerlerinde belirli bir artma ya da azalma saptanmamıştır.

Renk parametrelerinin (a\* ve b\*) genel renk algısındaki payını tanımlayan en önemli parametrelerden biri olan Kroma (renk yoğunluğu) bir rengin doygunluğunu ifade eder. Canlı renklerde Kroma değeri yüksekken, donuk renklerde ise düşüktür (Ciemniewska-Zytkiewicz ve ark., 2014; McGuire, 1992). İnfrared enerjisi ile 1000 W güçte kavruan örneklerin Kroma değerleri (4.64±0.27) en yüksektir. En düşük değer (2.81±0.34) ise 500 W mikrodalga gücünde kavruan örneklerde hesaplanmıştır. Kavurma işlemi ile örneklerin Kroma değerleri düşerek örnekler daha donuk bir renge bürünmüştür. Mikrodalga işleminde güç, Kroma değerleri için belirli bir artma ya da azalmaya etki göstermemiştir. İnfrared kavurma işleminde kavurma gücünün artması ile beraber Kroma değerleri de artmıştır. Konvansiyonel kavurma işleminde ise sıcaklık düştükçe Kroma değerleri artarak renk daha canlı kalmıştır.

Hue açısı (rengin tonu) bir renk dairesini ifade eder (McGuire, 1992). Bu açı 360°'lik bir renk radyantında renklere karşılık gelir. Bu dairede kırmızı (0°), sarı (90°), yeşil (180°) ve mavi (270°) renk, açılarla ifade edilir ve bu bölgelerin arasında kalan kısımlarda da ara renkler gösterilir (Öztürk ve ark., 2013; Taşova ve Polatçı; 2019). Kavrulmamış menengiç tohumları ve 350 W mikrodalga gücünde kavrulmuş menengiç tohumları kırmızı ve mavi ara renk değerleri, diğer kavrulmuş örneklerin hepsi ise kırmızı ve sarı ara renk değerleri arasında kalmıştır. Mikrodalga ve infrared kavurma işlemleri sonrasında güç arttıkça hue açısı değerleri artarken konvansiyonel kavurma işlemi sonrasında sıcaklık arttıkça hue açısı değerleri azalmıştır.

Örneklerin toplam renk değişimi, ürün üzerine yapılan işlemlerin ürünün renk değerlerini ne kadar etkilediğini göstermektedir. Toplam renk değişimi değeri 2'den büyük olduğunda renk değişimleri insanlar tarafından algılanabilmektedir (Saraç ve ark., 2006). Tüm kavurma işlemleri sonucunda toplam renk değişimi 61.21±0.05 ile 62.49±1.04 değerleri arasında değişmiş ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Tüm sonuçlar 2'den büyük olduğu için renk değişimleri belirgindir ve insanlar tarafından bu değişim algılanabilir. Mikrodalga (350 W) ve infrared (1000 W) ile kavruan örneklerde bulunan sonuç aynıdır ve en belirgin renk değişimleri bu işlemlerde gözlemlenmiştir.

### Nem İçeriği

Nem içeriği bir ürünün raf ömrünü ve dokusal faktörlerini (tazelik ve sertlik gibi) etkilediği için önemlidir (Kester ve ark., 2003). Tablo 2'de kavrulmamış ve kavrulmuş menengiç tohumlarının % nem içeriği ve su aktivitesi değerleri verilmiştir. Menengiç kavurma işlemi sonrasında örneklerin nem değerlerinde azalma görülmüştür. Kavrulmamış menengiç tohumlarının nem içeriği %6.503±0.151 iken bu değer kavurma işlemleri sonrasında %0.110±0.046 ile %2.572±1.888 arasındaki değerlere kadar düşmüştür. Mikrodalga ve konvansiyonel yöntemleri ile kavruan örneklerde güç ve sıcaklık arttıkça nem içeriği azalmıştır. Fakat infrared yöntemi ile kavruan örneklerde infrared enerjisinin gücünü azaltıp, süreyi arttırınca nem içeriği azalmıştır. Sürenin uzaması suyun örnek üzerinden daha fazla buharlaşarak uzaklaşmasını sağlamıştır. Bolek ve Ozdemir (2017a; 2017b) tarafından yapılan çalışmalarda da kavurma süresi ve sıcaklığı/gücü arttıkça menengiç tohumlarının nem içeriği azalmıştır. Tüm kavurma işlemleri sonucunda en fazla nem kaybı 650 W mikrodalga gücünde gerçekleşirken, en az nem kaybı ise 350 W mikrodalga gücünde gerçekleşmiştir. Kavurma işlemi ürünün nem içeriğinde etkili olmuştur.

**Tablo 2.** Kavrulmamış ve kavrulmuş menengiç tohumlarının % nem içeriği ve su aktivitesi değerleri

İşlem ve İşlem Koşulları	Nem içeriği (%)	Su Aktivitesi Değeri
Kavrulmamış Menengiç Tohumu	6.503±0.151	0.581±0.041
Mikrodalga (350 W) Fırında Kavurma	2.572±1.888	0.153±0.024
Mikrodalga (500 W) Fırında Kavurma	0.266±0.251	0.188±0.004
Mikrodalga (650 W) Fırında Kavurma	0.110±0.046	0.124±0.024
İnfrared (900 W) Kavurma	0.677±0.098	0.123±0.008
İnfrared (1000 W) Kavurma	1.093±0.115	0.245±0.013
Konvansiyonel (150 °C) Kavurma	2.032±0.148	0.294±0.020
Konvansiyonel (180 °C) Kavurma	1.329±0.419	0.180±0.002
Konvansiyonel (200 °C) Kavurma	0.262±0.072	0.105±0.028

## Su Aktivitesi

Geçmişten bu yana insanlar gıdaları korumak adına farklı yöntemler geliştirmişlerdir. Kurutma, tuzlama ve dondurma gibi yöntemlerin asıl amacı ürünün su aktivitesi değerini kontrol altına alarak ürünün uzun süre muhafaza edilmesini sağlamaktır. Saf suyun buhar basıncının aynı sıcaklıktaki örneğin içerisindeki suyun buhar basıncına oranına su aktivitesi ( $a_w$ ) denilir (Fontana, 2000) ve mikroorganizmaların gelişmesi için ihtiyaç duyulan kullanılabilir su miktarını ifade eder. Bu nedenle her mikroorganizma için farklı su aktivitesi sınır değerleri bulunur ve bu değerler mikroorganizmaların gelişmelerini sınırlandırır. Ayrıca su aktivitesi kimyasal ve enzimatik reaksiyonları (yağ oksidasyonu, protein bozulması, nişasta ve vitaminlerin parçalanması) da etkiler. Bunlara ek olarak fiziksel açıdan da doku üzerinde etkili olduğu bilinir. Gıda ürünleri su aktivitesi değerleri açısından yüksek ( $a_w$ : 0.90-1.00), orta ( $a_w$ : 0.60-0.90) ve düşük ( $a_w$ : <0.60) nemli olarak sınıflandırılmaktadır. Kurutulmuş gıdalar, çay, kahve ve bal gibi ürünler düşük nemli ve dayanıklı gıdalar sınıfına girmektedir (Özay ve ark., 1993). Kavurma işlemi ile örneklerin su aktivitesi değerlerinin düştüğü belirlenmiştir (Tablo 2). Kavurma işlemi ile örneklerin su aktivitesi değerleri  $0.105 \pm 0.028$  ile  $0.294 \pm 0.020$  değerleri arasında değişmiştir. Kavrulmuş ve kavrulmamış örneklerin hepsi düşük nemli ( $a_w$ : <0.60) ve dayanıklı gıdalar (Özay ve ark., 1993) sınıfında yer almıştır. Mikroorganizmalar genellikle 0.6 değerinin altında faaliyet gösteremezler (Cemeroğlu, 2016). Bu nedenle kavurma işlemi menengiç tohumlarını mikroorganizmalara karşı daha dayanıklı kılmıştır. Ayrıca kavurma işlemi ile su aktivitesi düşürülerek örneklerin raf ömrünün uzatılması sağlanmıştır (Dalgıç ve ark., 2011). Kavurma işlemleri sonrası en yüksek su aktivitesine ( $0.294 \pm 0.020$ ) konvansiyonel fırında  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 40 dakika kavruan örnekler sahip olur iken, en düşük su aktivite değerine ise konvansiyonel fırında  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 20 dakika kavruan örnekler sahip olmuştur. Mikrodalga ve konvansiyonel yöntemler kullanıldığında en düşük değerlerin en yüksek sıcaklık ( $200 \text{ }^\circ\text{C}$ ) ve güçte (650 W) gerçekleştiği görülmüştür. Bu durumun tersine infrared işlemi ile kavruan örneklerde en düşük değer ( $0.123 \pm 0.008$ )  $900 \text{ W}$ 'ta 40 dakika kavruan örneklerde belirlenmiştir. Konvansiyonel ve mikrodalga işlemlerinde güç ve sıcaklık su aktivitesi üzerinde etkili olurken infrared işleminde süre su aktivitesi üzerinde etkili olmuştur. Nizamlioğlu (2015) tarafından yapılan çalışmada da kavurma sıcaklığı ve süresinin artışına bağlı olarak bizim çalışmamıza benzer biçimde bademlerin su aktivitesi değerinde azalma gözlemlenmiştir.

## SONUÇ

Hammadde olarak seçilen menengiç zengin içeriğe sahip bir bitki türüdür. Menengiç kahve üretiminde kullanıldığından ve çerez olarak tüketildiğinden dolayı kavurma işlemlerine maruz kalmaktadır. Kavurma işlemleri ile menengiç tohumlarına farklı aroma bileşenleri kazandırılmakta ve görünüm, renk gibi fiziksel özelliklerinde iyileştirmeler olmaktadır. Bunlara ek olarak kavurma işlemleri ile tohumların nem ve su aktivite değerleri düşürülerek ürünün raf ömrünün uzatılması sağlanabilmektedir. Bu nedenlerden dolayı bu çalışmada menengiç tohumları literatür araştırmaları ve bazı ön denemeler sonucunda belirlenen renk değerlerine kadar ulaşması hedeflenerek kavrulmuştur. Kavurma işlemi farklı koşullarda mikrodalga, infrared ve konvansiyonel kavurma işlemleri ile gerçekleştirilmiş ve bu kavurma işlemleri sonucunda menengiç tohumları renk, su aktivite ve nem özellikleri açısından incelenerek değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda  $L^*$ ,  $a^*$  ve  $b^*$  değerleri sırasıyla ( $27.39 \pm 0.05$ - $28.64 \pm 0.93$ ), ( $-0.10 \pm 0.05$ - $1.00 \pm 0.32$ ) ve ( $2.77 \pm 0.37$ - $4.26 \pm 0.48$ ) olarak bulunmuştur. Kroma, hue açısı ve toplam renk değişimi sırasıyla ( $2.81 \pm 0.34$ - $4.64 \pm 0.27$ ), ( $-0.75 \pm 0.76$ - $1.23 \pm 0.33$ ) ve ( $61.21 \pm 0.05$ - $62.49 \pm 0.41$ ) olarak hesaplanmıştır. Kavrulmamış menengiç tohumlarına kıyasla tüm kavurma işlemleri sonucunda menengiç tohumlarının  $L^*$  ve  $b^*$  değerleri daha düşük ve  $a^*$  değerleri ise daha yüksek çıkmıştır. Kavrulmamış menengiç tohumlarının Kroma değeri ( $4.96 \pm 0.23$ ) kavrulmuş örnekler göre daha yüksek, hue açısı değeri ( $-0.76 \pm 0.22$ ) ise daha düşük hesaplanmıştır. Tüm sonuçlarda toplam renk değişim değerleri 2'den büyük olduğu için renk değişimleri belirgindir ve insanlar tarafından bu değişim algılanabilir. Kavruan örneklerin nem içeriği değerleri  $\%0.110 \pm 0.046$  ile  $\%2.572 \pm 1.888$  arasında, su aktivitesi değerleri ise  $0.105 \pm 0.028$  ile  $0.294 \pm 0.020$  arasında değişmiştir. Kavrulmamış örnekler kıyasla menengiç tohumlarının nem içeriği ve su aktivitesi değerlerinin azalmasıyla daha dayanıklı ürünler ortaya çıkmıştır. Her üç kavurma işlemi de menengiç tohumlarının kavrulması sırasında örneklerin fiziksel özelliklerinin değişmesinde etkili olmuştur. Bu çalışma ilerleyen zamanlarda yağlı tohumlar ile yapılacak araştırmalar için referans olacaktır.

## TEŞEKKÜR

Bu araştırma Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje Kodu FYL-2019-21127).

## KAYNAKLAR

- AOAC, Official Methods of Analysis of AOAC 2005. International 18 th ed., Association of Official Analytical Chemists, Gaithersburg, MD, USA.
- Aydın C, Özcan M 2002. Some physico-mechanic properties of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) fruits. *Journal of food engineering*, 53(1), 97-101.
- Baytop T 1984. Therapy with medicinal plants in Turkey (p. 520). Istanbul University Publications Pub. No: 3255, Faculty of Pharmacy Pub. No: 40, Istanbul.
- Berk E, Hamzaloğlu A, Gökmen V 2019. Investigations on the Maillard reaction in sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds induced by roasting. *Journal of agricultural and food chemistry*, 67(17), 4923-4930.
- Bolek S, Ozdemir M 2017a. Optimization of roasting conditions of *Pistacia terebinthus* in a fluidized bed roaster. *LWT*, 80, 67-75.
- Bolek S, Ozdemir M 2017b. Optimization of roasting conditions of microwave roasted *Pistacia terebinthus* beans. *LWT*, 86, 327-336.
- Cemeroğlu, B. S., 2016. Meyve ve sebze işleme teknolojisi. ISBN: 978-605-63419-2-2 (2.c) Nobel Akademik Yayıncılık. Ankara
- Chirinos R, Zorrilla D, Aguilar-Galvez A, Pedreschi R, Campos D 2016. Impact of roasting on fatty acids, tocopherols, phytosterols, and phenolic compounds present in *Plukenetia huayllabambana* seed. *J. Chem.* 2016: 1–10.
- Cienniewska-Żytkiewicz H, Brys J, Brys A, Sujka K, Koczón P 2014. Effect of roasting process on moisture content and colour of Polish inshell hazelnuts. *Acad Food J*, 12, 6-10.
- Çağran F 2007. ICP- OES ile menengiç ve ürünlerinde metal ve yarı metallerin tayini. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 3-5.
- Dalgıç AC 1990. Functional properties and moisture sorption isotherms of protein isolates from *Pistacia terebinthus*. Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi, Gaziantep, Türkiye.
- Dalgıç L, Sermet OS, Özkan G 2011. farklı kavurma sıcaklıklarının menengiç yağ kalite parametreleri üzerine etkisi. *Academic Food Journal/Akademik GIDA*.
- Devi MK, Das SK, 2017. Kinetics of color changes of popped rice during microwave popping: Effect of salt and moisture content. *Journal of Food Process Engineering*, 40(6), e12560.
- Erek A, Bal C, Mete FC 2011. Konveksiyonel ve mikrodalga fırınların ısıl analizi. Erişim: [http://ansys.deu.edu.tr/wp-content/uploads/cmdm/690/1450966877\\_fluentez-1.pdf](http://ansys.deu.edu.tr/wp-content/uploads/cmdm/690/1450966877_fluentez-1.pdf) [09.01.2020]
- Fontana AJ 2000. Water activity's role in food safety and quality. Second NSF International Conference on Food Safety, October 11-13, 2000 Savannah, GA, USA.
- Hayoğlu İ, İzol G 2010. Menengiccin şekerleme üretiminde kullanım olanakları. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 14(4), 57-62. 2010.
- Hoke K, Houska M, Pruchova J, Gabrovská D, Vaculova K, Paulíckova I 2007. Optimization of puffing of naked barley. *Journal Of Food Engineering*, 80: 1016-1022.
- Kahyaoglu T, Kaya S 2006. Modeling of moisture, color and texture changes in sesame seeds during the conventional roasting. *Journal of Food Engineering*, 75(2), 167-177.
- Karacan MS, Çağran F 2009. Multielement determination in fruit, soaps and coffee of *Pistacia terebinthus* L. by ICP-OES. *Turkish Journal of Biology*, 33(4), 311-318.
- Kester, DE, Kader, AA, Cunningham S, 2003. "Almonds" (ed: B. Caballero). *Encyclopedia of Food Science and Nutrition*, California: Academic, 150-158.
- Konak Üİ, Certel M, Helhel S 2009. Gıda sanayisinde mikrodalga uygulamaları. *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 20-31.
- Krishnamurthy K, Khurana HK, Soojin J, Irudayaraj J, Demirci A 2008. Infrared heating in food processing: an overview. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 7(1), 2-13.
- Krysiak W 2011. Effects of convective and microwave roasting on the physicochemical properties of cocoa beans and cocoa butter extracted from this material. *Grasas Y Aceites*, 62 (4): 467-478.
- McGuire RG 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27(12), 1254-1255.
- Montavon P, Mauron AF, Duruz E 2003. Changes in green coffee protein profiles during roasting. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, pp 2335-2343.

- Moss JR, Otten L 1989. A relationship between color development and moisture content during roasting of peanuts. *Canadian Institute of Food Science and Technology*, 22, 34–39.
- Nagaraju VD, Ramalakshmi K, Sridhar BS 2016. Cryo assisted spouted bed roasting of coffee beans. *Innovative food science & emerging technologies*, 37, 138-144.
- Nizamlioğlu NM 2015. Kavurma ve depolama koşullarının bademin bazı fiziksel, kimyasal ve duyuşal özellikleri üzerine etkisi.
- Oliveira MEC, Franca AS 2002. Microwave heating of foodstuffs. *Journal of Food engineering*, 53(4), 347-359.
- Özay G, Pala M, Saygı B 1993. Bazı gıdaların su aktivitesi yönünden incelenmesi. *GIDA*, 18(6).
- Özcan M 2004. Characteristics of fruit and oil of terebinth (*Pistacia terebinthus* L.) growing wild in Turkey. *Journal of The Science of Food and Agriculture*. 84 (6) 517-520
- Özcan C 2009. Semizotu, ısırgan otu, menengiç ve kuşburnu gibi tıbbi ve aromatik bitkilerde flavonollerin HPLC-MS ile tayini. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye.
- Özkoç SÖ 2010. Kızılötesi ve kızılötesi-kombinasyon ısıtma teknolojilerinin gıda işleme uygulamalarında kullanımı. *GIDA*, 35(3), 211-218.
- Öztürk B, Küçük E, Saraçoğlu O, Yıldız K, Özkan, Y 2013. ‘0900 Ziraat’ kiraz çeşidinin meyve kalitesi ve biyokimyasal içeriği üzerine büyümeyi düzenleyici maddelerin etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(3), 82-89.
- Rufián-Henares JA, Delgado-Andrade C, Morales FJ 2009. Assessing the Maillard reaction development during the toasting process of common flours employed by the cereal products industry. *Food Chem*. 114: 93–99.
- Saraç Ş, Saraç D, Yüzbaşıoğlu, E 2006. Üç farklı renk skalasının renk farklılıkları yönünden kolorimetrik olarak incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Dış Hekimliği Fakültesi Dergisi*, 23(2), 85-90.
- Secilmis SS, Yanık DK, Gogus F 2014. Processing of a novel powdered herbal coffee (*Pistacia terebinthus* L. fruits coffee) and its sensorial properties. *Journal of food science and technology*, 52(7), 4625-4630
- Sharma P, Gujral, HS 2011. Effect of sand roasting and microwave cooking on antioxidant activity of barley. *Food Research International*, 44: 235-340.
- Taşova M, Polatçı, H 2019. Kara dut (*Morus nigra* L.) Ve parmak dut (*Morus levigata* Wall.) meyvelerinin bazı fiziksel ve renk özelliklerinin belirlenmesi. In VIII. Umteb International Congress On Vocational & Technical Sciences (P. 147).
- Tuzlacı E, Aymaz PE 2001. Turkish folk medicinal plants, part IV: Gönen (Balıkesir). *Fitoterapia*, 72(4), 323-343.
- Yesilada E, Honda G, Sezik E, Tabata M, Fujita T, Tanaka T, Takeda Y, Takaishi Y 1995. Traditional medicine in Turkey. V. Folk medicine in the inner Taurus Mountains. *J Ethnopharmacol* 46: 133– 152.

## Sosyal ağların dinamik yapılar ile modellenmesi ve analizi

Ahmet Karadoğan<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0954-5958>), Ali Karcı<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8489-8617>)

<sup>1</sup>Inönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Malatya, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [ahmet.karadogan@inonu.edu.tr](mailto:ahmet.karadogan@inonu.edu.tr)

### Özet

Sosyal ağ kullanımının son yıllarda hızlı bir şekilde artmasıyla birlikte sosyal ağların analizi de önem kazanmış ve bu konuda birçok akademik çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalarda genellikle graf yapısı kullanılmakta olup, ağdaki her bir kullanıcı düğüm olarak, bağlantılar ise kenar olarak gösterilmektedir. Graflar statik yapılar olduğundan sosyal ağdaki dinamik işlemleri modellemek için yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada sosyal ağdaki kullanıcıları ve davranışları modellemek için dinamik bir yapı olan Petri ağları kullanılmıştır. Petri ağı, grafiksel ve matematiksel bir modelleme aracı olup, dinamik yapıların modellenmesinde kullanılmaktadır. Petri ağı ile oluşturulan model üzerinde lineer cebir denklemleri yardımıyla bu sosyal ağ yapısının davranışsal özellikleri elde edilmiştir. Ayrıca petri ağının erişilebilirlik ağacı elde edilerek ağ üzerindeki erişim durumları analiz edilmiştir. **Anahtar Kelimeler:** sosyal ağlar, graf, petri ağı, dinamik modelleme

### Modeling and analysis of social networks with dynamic structures

#### Abstract

With the rapid increase in the use of social networks in recent years, the analysis of social networks has also gained importance and many academic studies have been conducted on this subject. Graph structure is generally used in these studies, and users in the network are shown as nodes and connections as edges. Since graphs are static structures, they are insufficient to model dynamic transactions in the social network. In this study, Petri nets, a dynamic structure, were used to model users and behaviors in social networks. Petri net is a graphical and mathematical modeling tool and is used in modeling dynamic structures. The behavioral properties of this social network structure were obtained with the help of linear algebra equations on the model created with Petri nets. In addition, the reachability tree of the petri network was obtained and the reachability conditions on the network were analyzed.

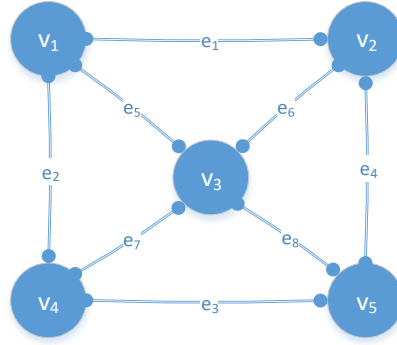
**Keywords:** social networks, graphs, petri net, dynamic modeling

### GİRİŞ

Sosyal ağların, özellikle çevrimiçi sosyal ağların kullanımı son yıllarda internet kullanımının artmasıyla birlikte hızlı bir şekilde yaygınlaşmıştır. Sosyal ağlar sayesinde bireyler birçok farklı içerik üretip bunları paylaşabilmektedir. Çevrimiçi sosyal ağlar ilk olarak elektronik posta ile ortaya çıkmış ve internetin ve akıllı cihazların gelişimiyle beraber kullanım oranı çok yükselmiştir. Böylece bilginin sosyal ağlar aracılığıyla yayılması çok daha hızlanmıştır (Guille et al., 2013; M. Li et al., 2017; Liu et al., 2017; Wang et al., 2018). Sosyal ağları kullanarak birçok insan bilgi paylaşımı yaptığından bu bilgilerin ve kullanıcılar arası etkileşimlerin analiz edilmesi ile ilgili çalışmalar da artmıştır. Bu çalışmalar genelde sosyal ağ gruplarının tespit edilmesi, metin tabanlı analizler, duygu analizi, konumsal bilgi analizi, konu ve olay yayılım analizi, sosyal gruplardaki etkin bireylerin tespit edilmesi vb. alanlarda yapılmaktadır.

Sosyal ağların analizi ile ilgili yapılan çalışmalarda graf yapıları sıklıkla kullanılmaktadır. Graf yapıları düğümler ve düğümler arası bağlantılardan oluşan yapılardır (Bondy & Murty, 1976; Freeman, 1989). Örnek bir graf yapısı Şekil 1'de gösterilmektedir. Sosyal ağların modeli oluşturulurken kullanılan graf yapısında kullanıcılar graf üzerindeki düğümler olarak, kullanıcılar arası bağlantılar ise graf üzerinde kenarlar olarak gösterilmektedir (Diestel, 2006; Godsil & Royle, 2001). Fakat graf yapıları statik yapılar olduğundan kullanıcıların davranışlarını ve etkileşimlerini modellemekte yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada dinamik bir yapı olan Petri ağları kullanılarak sosyal ağdaki bireyler ve davranışları modellenmeye çalışılmıştır.





Şekil 1. Örnek bir Graf yapısı

Petri ağları dinamik sistemlerin modellenmesinde ve analizinde kullanılan soyut, matematiksel ve grafiksel bir modelleme aracıdır. Genellikle ayrık olaylı, eş zamanlı, paralel veya dağıtık şeklindeki bilgi işleme sistemlerini tanımlamak ve analiz etmek için kullanılmaktadır (Murata, 1989).

Petri ağları yönlü grafların bir özel türü olarak düşünülebilir. Bir Petri ağı yerler ve geçişler olmak üzere iki farklı düğüm türünden ve bu düğümleri birbirine bağlayan yönlü oklardan oluşur. Petri ağı grafiksel gösteriminde yerler daire şeklinde, geçişler ise dikdörtgen şeklinde gösterilir. Yönlü oklar pozitif bir tamsayı olacak şekilde ağırlıklarıyla etiketlenir. Petri ağlarında yerler durumları, geçişler ise olayları temsil etmektedir. Ayrıca sistemin dinamik davranışını gösterebilmek için yerlere jetonlar atanarak işaretli yerler elde edilir. Bir yer için jeton sayısı o yerde bulunan veriyi veya mevcut kaynakları ifade eder. Burada jetonlar nokta ile gösterilir ve her bir yer için negatif olmayan bir tamsayı olacak şekilde işaretleme yapılır. Bir Petri ağındaki tüm işaretlemeler ise bir  $M$  vektörü ile gösterilerek her bir yer için bulunan jeton sayıları bu vektörde belirtilir. Bir Petri ağı temel olarak beş bileşenden oluşur ve matematiksel olarak aşağıdaki şekilde gösterilir (Murata, 1989):

$$PN = (P, T, F, W, M_0)$$

Burada;

$P$  : yerler kümesi

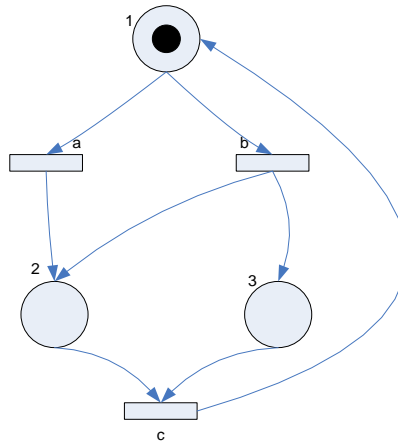
$T$ : geçişler kümesi

$F$ : yönlü oklar

$W$ : ağırlık fonksiyonu

$M_0$ : başlangıç işaret vektörü

olarak belirtilmektedir. Şekil 2’de örnek bir Petri ağı yapısı gösterilmektedir.



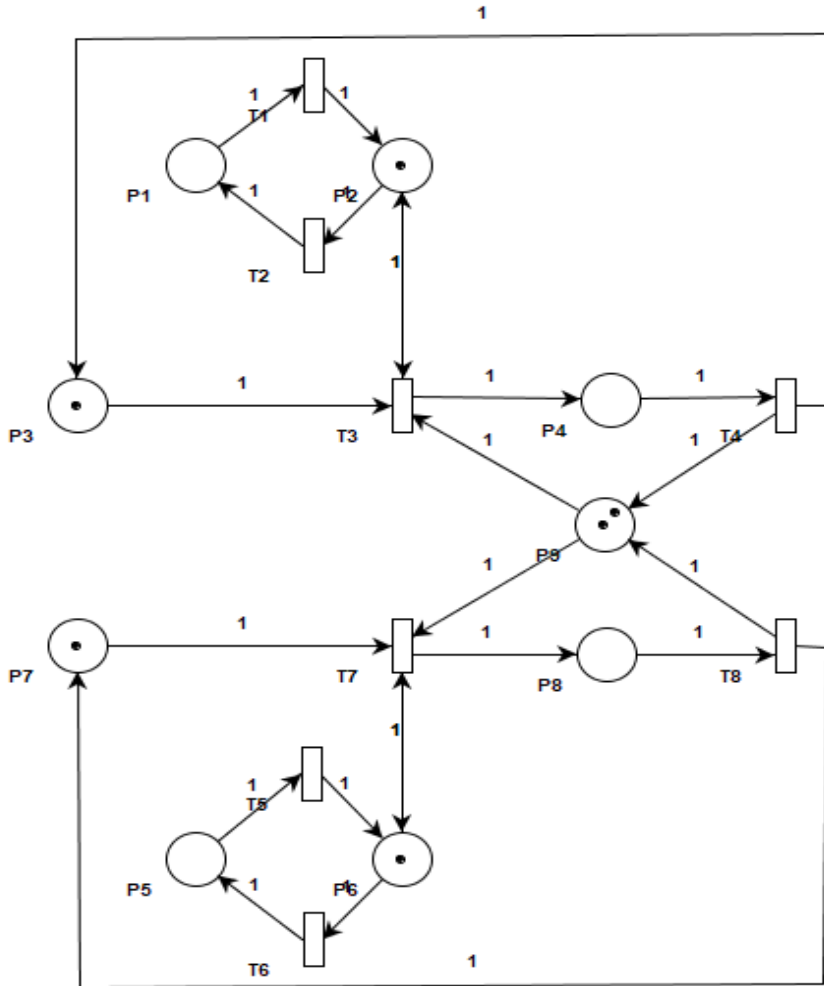
Şekil 2. Örnek bir Petri ağı yapısı

Petri ağlarının kullanımı ile ilgili literatürde bazı çalışmalar yapılmıştır. Sosyal ağlarda sesli iletişim için stokastik Petri ağı modeli kullanılmıştır (L. Li et al., 2016). Çoklu etmen sistemleri Petri ağı ile modellenmiş ve analiz edilmiştir (Celaya et al., 2009). Bilgi yayılımı için renkli Petri ağı modeli oluşturulmuştur (Vongsingthong et al., 2018). Eksik bilgi tespiti için renkli Petri ağı modeli önerilmiştir (Torky et al., 2018).

Bu çalışmada sosyal ağlarda iki kullanıcı için örnek bir Petri ağı modeli önerilmiştir. Bu Petri ağının özellikleri analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar çalışmanın sonuç bölümünde gösterilmiştir.

### MATERYAL VE METOD

Sosyal ağlar dinamik yapılar olduğundan, statik bir yapı olan graf yapısı ile tam olarak modellenemezler. Bu nedenle dinamik yapıların modellenmesinde ve analizinde kullanılan bir yapı olarak Petri ağları ile daha etkili bir şekilde modellenebilirler. Böylece sosyal ağdaki kullanıcıların hareketlerini ve iletişimlerini dinamik bir şekilde analiz etmek mümkün olmaktadır. Bu çalışmada sosyal ağdaki bireyler için Petri ağı modeli sunulmuştur. Şekil 3'te bir sosyal ağdaki iki birey için Petri ağı modeli gösterilmiştir.



Şekil 3. Sosyal ağdaki iki birey için Petri ağı modeli

Bu modelde P1, P2, P3 ve P4 yerleri ile T1, T2, T3 ve T4 geçişleri birinci kullanıcıyı, P5, P6, P7 ve P8 yerleri ile T5, T6, T7 ve T8 geçişleri ise ikinci kullanıcıyı temsil etmektedir. P9 yeri ise kullanıcıların bağlı bulunduğu ortak sosyal ağ yerini göstermek için kullanılmıştır. Bu yerlerin ve geçişlerin hangi durumları temsil ettiği Tablo 1'de gösterilmiştir.

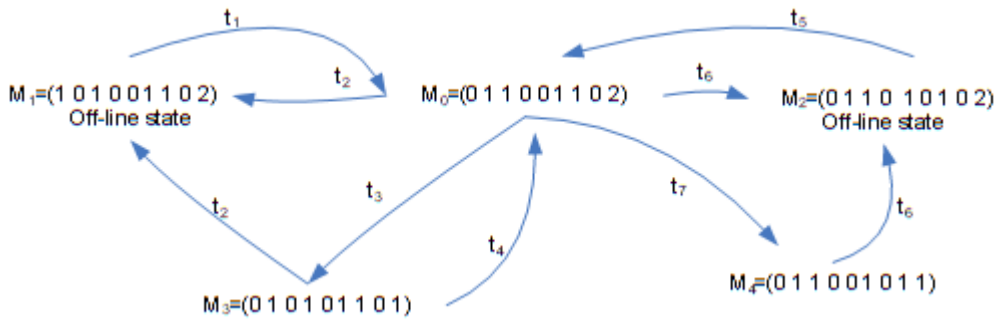
**Tablo 1.** İki kişilik bir Petri ağı modeli için yerler ve geçişlerin gösterimi

Adı	Açıklama
$P_1, P_5$	Çevrimdışı durumu
$P_2, P_6$	Çevrimiçi durumu
$P_3, P_7$	Kullanıcılar tarafından üretilen veri
$P_4, P_8$	Veri iletimi/alımına hazır olma durumu
$P_9$	Paylaşılan ortak sosyal ağ durumu
$T_1, T_5$	Çevrimdışı durumdan çevrimiçi duruma geçiş
$T_2, T_6$	Çevrimiçi durumdan çevrimdışı duruma geçiş
$T_3, T_7$	Veri iletimi
$T_4, T_8$	Veri iletimi

Petri ağları ile modellenen dinamik sistemlerde analiz edilen bazı yapısal ve davranışsal özellikler bulunmaktadır. Bir Petri ağının yapısal özellikleri Petri ağındaki başlangıç işaretlemesinden bağımsız olup matris denklemleri ile analiz edilebilirler. Davranışsal özellikler ise Petri ağının başlangıç işaretlemesine bağlıdır. Bu özelliklerden bazıları şunlardır; Ulaşılabilirlik, sınırlılık, canlılık, tersinirlik ve kapsanabilirlik (Murata, 1989). Bu çalışmada elde edilen Petri ağı modeli üzerinde yapısal ve davranışsal özellikler analiz edilmiştir.

#### Davranışsal Özellikler

a) **Ulaşılabilirlik:** Dinamik sistemlerin temel özelliklerinden olup herhangi bir  $M_i$  işaretlemesinden diğer bir  $M_j$  işaretlemesine ulaşılabilirliği ifade eder. Bir Petri ağındaki geçişlerin tetiklenmeleri durumunda elde edilebilecek işaretlemeler bulunarak erişilebilecek tüm durumlar gösterilebilir. Şekil 4'te önerilen Petri ağı için elde edilen ulaşılabilirlik ağacı gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Petri ağı modelinin ulaşılabilirlik ağacı

- b) **Canlılık:** Bir Petri ağında sürekli aktif geçişlerin olmasını, kilitlenme yaşanmadığını gösterir. Şekil 4'te de görüldüğü gibi kilitlenen veya tüm geçişlerin pasif olduğu bir durum olmadığından önerilen model canlılık özelliğine sahiptir.
- c) **Sınırlılık:** Bir Petri ağındaki her bir yer için jeton sayısının sınırlı olmasını ifade eder. Eğer jeton sayısı sürekli artıyorsa bu ağ sınırlı değildir ve ağın güvenli olmadığı anlamına gelir. Şekil 3'teki modelde jeton sayısı sürekli artan bir yer olmadığından sınırlı ve güvenlidir.
- d) **Tersinirlik:** Bir Petri ağının tekrar başlangıç durumuna dönebilmesidir. Şekil 4'teki ulaşılabilirlik ağacına bakıldığında her  $M_0$  başlangıç durumuna dönüşülebildiği görülmektedir.

#### Yapısal Özellikler

a) **Yapısal Canlılık:** Bir Petri ağında herhangi bir canlı/aktif geçişin mevcut olması bu ağın yapısal canlılık özelliğine sahip olduğunu gösterir. Şekil 3'teki modele bakıldığında tüm geçişlerin en az bir kere aktif hale gelebildiği görüldüğünden canlı bir ağ özelliğine sahiptir.

- b) Kontrol edilebilirlik:** Bir Petri ağındaki herhangi bir işaretlemeye diğer tüm işaretlemelerden ulaşabiliyorsa kontrol edilebilirdir. Şekil 4'te görüldüğü gibi herhangi bir durumdan diğer durumlara ulaşılabilir.
- c) Tekrarlılık:** Bir Petri ağının tekrarlı olabilmesi için tüm geçişlerin sürekli ateşlenebilir hale gelebilmesi gerekir. Şekil 4'teki ağca bakıldığında her bir durum için geçişlerin tekrarlanabildiği görülmektedir.
- d) Tutarlılık:** Bir Petri ağında  $M_0$  başlangıç durumundan itibaren herhangi bir tetiklenme sırasından sonra tekrar  $M_0$  başlangıç durumuna dönüldüğünde her bir geçişin en az bir kere tetiklenmişse tutarlılık özelliği vardır. Şekil 4'te her bir birey için başlangıç durumuna dönülene kadarki geçişlerin aktif hale gelebildiği görülmektedir.

## SONUÇ

Sosyal ağların modellenmesi ve analizinde genellikle graf yapıları kullanılmaktadır fakat graflar dinamik yapıları modelleyemediğinden yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada dinamik bir graf yapısına sahip olan Petri ağlarının kullanılması önerilmiştir. Önerilen model iki kişilik bir ağ üzerinde analiz edilmiş ve Petri ağı modelinin temel özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen özellikler, önerilen Petri ağı modelinin kullanılabilir olduğunu ve herhangi bir kilitlenme olmadan sosyal ağlardaki iletişimi modelleyebildiğini göstermiştir. İlerleyen çalışmalarda önerilen model genişletilerek farklı sosyal ağlara uygun hale getirilerek sosyal ağ grupları analiz edilebilecektir.

## KAYNAKLAR

- Bondy, J. A., & Murty, U. S. R. (1976). *Graph Theory with Applications*. North Holland.  
<https://books.google.com.tr/books?id=4bwrAAAAYAAJ>
- Celaya, J. R., Desrochers, A. A., & Graves, R. J. (2009). Modeling and analysis of multi-agent systems using petri nets. *Journal of Computers*, 4(10), 981–996. <https://doi.org/10.4304/jcp.4.10.981-996>
- Diestel, R. (2006). *Graph Theory*. Springer. <https://books.google.com.tr/books?id=aR2TMYQr2CMC>
- Freeman, L. C. (1989). Social networks and the structure experiment. *Research Methods in Social Network Analysis*, 11–40.
- Godsil, C., & Royle, G. F. (2001). *Algebraic Graph Theory*. Springer New York.  
<https://books.google.com.tr/books?id=pYfJe-ZVUyAC>
- Guille, A., Hacid, H., Favre, C., & Zighed, D. A. (2013). Information diffusion in online social networks. *ACM SIGMOD Record*, 42(1), 17. <https://doi.org/10.1145/2503792.2503797>
- Li, L., Zeng, W., Hong, Z., & Zhou, L. (2016). Stochastic Petri Net-based performance evaluation of hybrid traffic for social networks system. In *Neurocomputing* (Vol. 204, pp. 3–7).  
<https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.09.131>
- Li, M., Wang, X., Gao, K., & Zhang, S. (2017). A Survey on Information Diffusion in Online Social Networks: Models and Methods. *Information*, 8(4), 118. <https://doi.org/10.3390/info8040118>
- Liu, L., Qu, B., Chen, B., Hanjalic, A., & Wang, H. (2017). *Modeling of Information Diffusion on Social Networks with Applications to WeChat*. <http://arxiv.org/abs/1704.03261>
- Murata, T. (1989). Petri Nets: Properties, Analysis and Applications. *Proceedings of the IEEE*, 77(4), 541–580. <https://doi.org/10.1109/5.24143>
- Torky, M., Meligy, A., Ibrahim, H., & Hassanein, A. E. (2018). Colored petri net model for blocking misleading information propagation in online social networks. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 639, 600–609. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-64861-3\\_56](https://doi.org/10.1007/978-3-319-64861-3_56)
- Vongsingthong, S., Boonkrong, S., & Unger, H. (2018). Modeling network evolution by colored petri nets. *Walailak Journal of Science and Technology*, 15(1), 41–61. <https://doi.org/10.14456/vol14iss10pp>
- Wang, T., He, J., & Wang, X. (2018). An information spreading model based on online social networks. *Physica A: Statistical Mechanics and Its Applications*, 490, 488–496. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2017.08.078>

## Airlaid nonwoven üretim hattında geri dönüşüm lateks kullanımının ürün performansına etkilerinin incelenmesi

Hatice Nida Civan\*, Yücel Gür, Ömer Faruk İlikçioğlu

Selçuk İplik San. Tic. Ve Tic. A.Ş. Ar-Ge Merkezi, Gaziantep, Türkiye.

\*Sorumlu yazar e-mail: nida.civan@karaholding.com

### Özet

Airlaid dokunmamış kumaş üretimi serim, bağlama, kurutma ve sarım proseslerinden oluşmaktadır. Bağlanma prosesinde, mekanik öğütmeler sonucu küçük parçacıklar halindeki selüloz ham kumaş halindeyken ön ve arka yüzüne lateks püskürtülerek selüloz lifleri arasında bağ oluşturur. Lateks hammaddesinin kumaşın ön ve arka yüzüne püskürtülmesi sırasında kumaş kenarlarından konveyör bant üzerine dökülen lateks atık olmaktadır. Lateksin nozul yapılarından püskürtülürken iki yana eğimli olarak akması sonucunda kumaş dışına bant üzerine lateks akmaktadır. İki yana akan lateks su ile karışarak kullanımı mümkün olmayan atık su oluşturmaktadır. Bu çalışma kapsamında, lateks ürünün kirlettiği atık suyunun oluşması engellenerek çevresel atığın azaltılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda lateks hammaddesinin yeniden kullanımıyla birlikte maliyetler düşürülecektir. Bu çalışma airlaid kumaş üretiminde bağlayıcı olarak kullanılan lateks hammaddesinin telefe aktarılmadan yeniden kullanımı için bir tesis modifikasyonunu içermektedir. Diğer yandan geri dönüştürülmüş lateksin kullanıldığı kumaşlar için elde edilen performans özelliklerinin virjin lateks ile üretilenlere yakın olması da bir gerekliliktir. Geri dönüştürülmüş lateksin ürün performansına etkisini incelemek amacıyla virjin lateks ve geri dönüştürülmüş lateks ürünleri ile üretilen airlaid kumaş özellikleri karşılaştırılmıştır. Bu amaçla kopma mukavemeti, ıslak mukavemet ve sıvı emme kapasitesi performansları karşılaştırılmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Airlaid nonwoven, lateks, geri dönüşüm

### Investigation of the effects of recycling latex usage on product performance in the airlaid nonwoven production line

#### Abstract

Airlaid nonwoven fabric production consists of spreading, binding, drying and winding processes. In the bonding process, small particle forms of cellulose fibers bond between cellulose fibers as a result of mechanical grinding include spraying latex on the front and back of the raw fabric. Latex raw material is sprayed on the front and back of the fabric and latex is poured from the fabric edges onto the conveyor belt. As latex is sprayed from the nozzle structures, latex flows on the outside of the fabric in the proses of slope flowing from both sides. Latex mixes with water flowing from both sides and causes wastewater that cannot be used. In this study, it is aimed to reduce the environmental waste preventing the wastewater polluted as a result of the latex product. Costs can be reduced with the reuse of the latex raw material. This study includes a plant modification for reuse of latex raw material used as a binder in the production of airlaid fabric without transferring to waste. It is a requirement that the performance properties obtained for fabrics using recycled latex are close to produced with virjin latex. In order to examine the effect of recycled latex on product performance, airlaid fabric properties of virjin latex and recycled latex products had been compared. For this purpose, tensile strength, wet strength, and back absorption performances had been compared. The data had been analyzed statistically.

**Anahtar Kelimeler:** Airlaid nonwoven, latex, recycling

### GİRİŞ

Nonwoven (dokunmamış) kumaşların tarihi gelişimine bakıldığında ilk olarak üretiminde geleneksel keçe teknolojisinin rol oynadığı görülmektedir. Hayvansal kökenli ve yapısında keratin bulunan yün liflerinin dış tabakasını meydana getiren pullu hücrelerin ısı, basınç, nem ve hareket etkisiyle birbirlerine kenetlenmesinden elde edilen atkısız ve çözümsüz tekstil örneklerine keçe denir. Nonwoven kumaşlarda alınan bir patent bu endüstrinin doğmasına neden olmuştur (Akalin ve Özen, 2010).

Nonwoven kumaşların üretim yöntemlerinin sınıflandırılması ise doku oluşturma ve doku bağlama tekniklerine göredir. Doku oluşturma yöntemleri; kuru serme teknolojisi, ıslak serme teknolojisi, filament serme teknolojileridir. Kuru serme teknolojisi; tarak makinesi, serme makinesi, hava ile serme teknolojisinden oluşmaktadır. Filament serme teknolojisi; filament tülbent esaslı doku oluşturma tekniği, eriyikten püskürtme teknolojisi, kompozit ve diğer filament esaslı yöntemden oluşmaktadır. Doku bağlama yöntemleri kimyasal bağlama, ısı ile bağlama ve mekanik bağlama olacak şekilde üç tiptir. Airlaid dokusuz kumaş üretimi serim, bağlama, kurutma ve sarım proseslerini içermektedir (Akalın ve Özen, 2010).

Dokunmamış kumaş çeşitlerinde aerodinamiklerin diğer bir sınıflandırılması ise şu şekildedir: hava serme işlemi kullanılarak elde edilen çok kısa elyaf veya kağıt hamuruna airlaid prosesi uygulanması ve diğeri ise klasik tekstil elyaflarına aerodinamik proses uygulamasıdır (Mlik ve ark., 2016).

Diğer dokunmamış kumaş teknolojileri üretilen ürünler ile airlaid teknolojisi ile üretilen ürünler karşılaştırıldığında bu malzemeler homojendir ve sürekli bir ağ oluşturmak için çok kısa liflerin dokunması için benzersiz bir kabiliyete sahiptir. Süper emici granüller ile lifleri karıştırmak ve böylece yüksek emici ağlar oluşturmak mümkündür (Prusty, 2019).

Emici tekstiller tanımlarına bağlı olarak bir dizi gereksinimi karşılamalıdır. Bu işlevler arasında sıvı alımı, sıvı dağılımı ve uzun süreli saklama bulunur. Bu işlevlerin yerine getirildiğinden emin olmak için tasarımcılar uygun hammaddeleri kullanmalı ve alan yoğunluğu, hacimsel yoğunluk, gözenek boyutu ve gözeneklilik açısından dikkatlice tasarlamalıdır. Bu malzemeler ürünlerin birkaç farklı katmandan oluşabileceği airlaid teknolojisi ile üretilebilir. Dokunmamış malzemenin üst tabakasından hızlı nem emilimi, daha kalın ve daha sert lifler kullanılarak elde edilebilir. Sentetik elyaflar genellikle ıslandıktan sonra sertliklerini kaybetmedikleri uygulamalar için kullanılır. Süper emici granüller (SAP) zengin bir tabaka ile gereken emilim kapasitesini sağlar (Irzmańska ve Dutkiewicz, 2015).

Dokunmamış malzemeler ısı transferinin iletim, konveksiyon ve radyasyon aktarımlarından her üç bileşeni de etkili bir şekilde en aza indirmektedir. Bu yüzden ısı yalıtımı için yaygın olarak kullanılmaktadır. Dokunmamış malzemelerdeki ısı iletkenliği, elyaf uzunluğu, elyaf çapı, kütle yoğunluğu, gözeneklilik, gözenek boyutu, gözenek boyutu dağılımı ve elyaf yönelimi gibi çeşitli faktörlere bağlıdır. Bu parametrelerin tümü çeşitli araştırmacılar tarafından teorik ve deneysel çalışmalarda incelenmiştir (Cerkez ve ark., 2018).

Airlaid nonwoven kumaş üretimi bağlanma prosesinde, mekanik öğütme sonucu küçük parçacıklar halindeki selüloz ham kumaş halindeken ön ve arka yüzüne lateks püskürtülerek selüloz lifleri arasında bağ oluşturur. Lateks hammaddesinin dokusuz kumaşın ön ve arka yüzüne püskürtülmesi sırasında kumaş kenarlarından konveyor bant üzerine dökülen lateks atık olmaktadır. Lateksin nozullardan püskürtülürken iki yana eğimli olarak akması sonucunda kumaş dışına bant üzerine lateks akmaktadır. İki yana akan lateks su ile karışarak kullanımı mümkün olmayan atık su oluşturmaktadır. Üretim hattı için değerli bu malzemenin bir dizi işleme sistemli olarak geri dönüşümünün sağlanması çalışmanın amacını oluşturmaktadır. Geri dönüşümden elde edilen malzemenin üretim faaliyetlerinde düzgün çalışması yapılan testler ile kontrol edilebilecektir. Bu malzeme ile ilgili yapılan planlamada depolama alanında çok fazla beklemesine gerek kalmadan üretimde kullanılabilir ve üretilen ürünler satılabilecektir. Bu ise stok depolama kaynaklı stokaj ve stopaj gibi problemleri ortadan kaldıracaktır. Geri dönüştürülen lateks yapısında ve kalitesinde düşüş yaşanması beklenmemektir. Bunun nedeni üretim içindeki lateksin belirsizlik derecesinin düşük olmasıdır. Lateks suya karıştıktan sonraki süreçte kirliliğe neden olmaktadır ve atık olarak tehlikeli olabilmektedir.

Üretim hattında verimliliği artırıcı çalışma ile lateks ürününün kirlendiği atık suyun oluşması engellenerek çevresel amaçlar açısından iyileştirilmesi sağlanmış olacaktır. Lateks hammaddesinin atık olmadan kullanılmasıyla birlikte maliyetler düşürülecektir. Depolama alanları için gerekli alanı en aza indirmek, çevreye verilen işlenmiş toksin miktarını azaltarak değerli bileşenleri ve malzemeleri elde etmek geri dönüşümün önemini vurgulamaktadır. Ömür sonu seçeneğinin elden çıkarmadan ekonomik olarak daha tercih edilebilir olması için geri dönüşümün mümkün olduğunca verimli olması sağlanmalıdır (Gupta ve McGovern, 2011).

## **MATERYAL VE METOD**

İşletme bünyesindeki Airlaid nonwoven kumaş üretimi esnasında atık olan lateksin sistemden alınarak tekrar kullanımının sağlanması gerçekleşecektir. Mevcut sistemdeki lateks kaybı tespit edilecektir ve geri dönüşüm ile airlaid ürünlerin üretilmesi sağlanacaktır. Üretilen ürünlerin mukavemet, birim ağırlık, kalınlık, ıslak mukavemet, kat ayrılması ve sıvı emme kapasitesi analizleri gerçekleştirilecektir. Tablo 1’de airlaid üretim

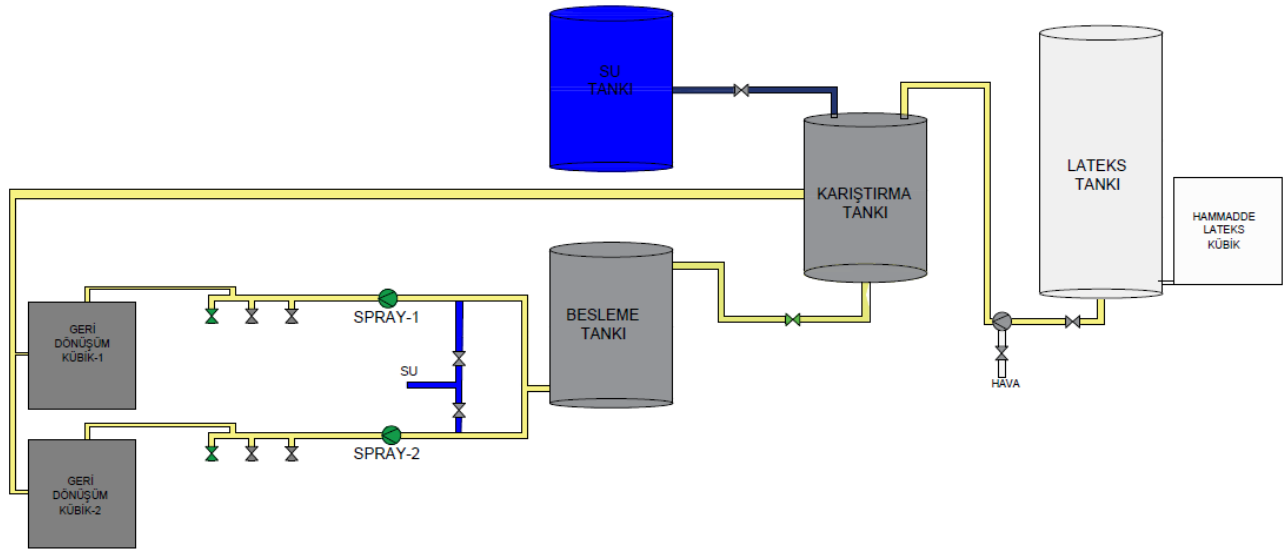
hattında virgin lateks kullanılarak ve lateks geri dönüşüm modifikasyonu sonrasında geri dönüştürülmüş lateks kullanılarak üretilmiş ürünler verilmiştir.

**Tablo 1.** Airlaid numune özellikleri

Numuneler	GSM (gr/m <sup>2</sup> )	Kalınlık (mm)
1	45	0,4976
2	50	0,6068
3	70	1,0948
4	50	0,4004
5	59	0,7912
6	180	1,084
7	48	0,6718

Üretim kapasitesi dakika cinsinden ürünün gsm, sarıncı eni ve hattın hızına göre belirlenmektedir. Saat bazında üretim kapasitesi ortaya çıkmaktadır. Ürün cinsine göre lateks ve su karışımı kilogram oranı belirlenmektedir. Belirlenen lateks karışım kilogramına göre yüzdelik karışım oranı belirlenmektedir. Bu yüzde karışım oranında kuru lateks miktarı hesaplanmaktadır. Ancak kuru lateks su içermektedir. Bundan dolayı kuru lateks miktarı kilogram cinsinden artırılır. Aynı zamanda bir önceki üretim sonrasında nozul borularında bir miktar lateks su karışımı bulunmaktadır. Bu yüzden artı tolerans payı hesaba katılmaktadır. Ürün cinsine göre belirlenen lateks ve su karışımı kilogram oranına göre hesaplanan kuru lateks miktarı çıkartılarak kilogram cinsinden su miktarı elde edilir. Üretim kapasitesinde hesaplanan saatlik üretim kilogramına göre üretim reçetesinde belirtilen yüzde lateks besleme oranı hesaplanır. Bu hesaplanan lateks oranı beslenen kuru latekstir. Beslenen kuru lateks üretim reçetesinde belirtilen karışım oranına göre kilogram cinsinden hesaplanmaktadır. Hesaplanan kilogram cinsinden lateks miktarı belirlenen katsayı ile çarpılır. Şekil 1 belirtilen sprej 1 ve sprej 2'deki toplam lateks ve su beslemesi hesaplanmış olur. Su tankından ortadaki karışım tankına belirlenen kilogramda su beslenir. Lateks tankından karışım tankına belirlenen kilogramda kuru lateks beslenir. Beslenen kuru lateks ve su belirli bir süre karıştırılır. Elde edilen lateks ve su karışımı sprej 1 ve sprej 2 nozullarına beslenmektedir.

Lateksin geri dönüşümü kapsamında sprej 1 ve sprej2 nozullarının yanına toplam dört adet olmak üzere metal levha yerleştirilmiştir. Sprej 1 ve sprej 2 bölümündeki kenar nozul borularından beslenen lateks karışımı kumaşın ön ve arka yüzüne püskürtülmesi sırasında kumaş kenarlarından konveyör bant üzerine dökülen lateks atık olmaktadır. Ancak yapılan levhalar aracılığıyla yerleştirilen kübiklere akmaktadır. Bu kübikler karışım tankına boşaltılır. Böylece bu kübikler tartılmaktadır ve günlük geri dönüşüm lateks miktarı ortaya çıkmaktadır. Ardından geri dönüştürülmüş lateks beslenmektedir. Tüm bunların sonucu olarak yaklaşık %7-10 miktarında lateks ürününün atık olması önlenmiştir.



Şekil 1. Geri dönüşüm lateks sistemi

Püskürtme tekniği ile üretim hattında kullanılan lateksin atık olarak suya karışması engellenerek geri dönüşümü sağlanmıştır. Gramaj; kumaşın 1 m<sup>2</sup> alanının gram cinsinden ağırlığı olarak tanımlanmaktadır. Çalışmada yer alan numunelerin gramajları WSP 130.1R4 standardına uygun olacak şekilde belirlenmiştir. Dokusuz kumaşların genel yapısından kaynaklanabilecek bölgesel farklılıklardan dolayı her bir numunenin gramajına bakılmaktadır. Gramaj değerlerinin ortalamaları hesaplanmıştır.

Dokusuz kumaş yüzeylerinde kalınlık tayini için, gerilimsiz olarak cihaza yerleştirilen numunelerin belirli basınç altında en üst yüzeyi ile alt yüzeyi arasındaki mesafe ölçülmektedir. Dokusuz yüzeyin kalınlığı yapının hacimsel özellikleri ve sıklığının belirlenmesi için önemli bir parametredir. Dijital kalınlık cihazında WSP 120.6.R4 standardı esas alınarak kalınlık ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Numunelerin tümünde kalınlık kontrol edilmektedir. Üretilen numuneler kullanımları sırasında farklı yönlerde birçok gerilme kuvvetine maruz kalmaktadır ve bu nedenle söz konusu numunelerin sağlamlıklarının tayin edilmesi için kopma mukavemeti ve kopma uzaması testi uygulanmıştır. Adı geçen teste çeneler arasına yerleştirilen numunelere sabit hızda kuvvet uygulanmakta, numunede kopma meydana getiren kuvvet ve bu durumda numunede oluşan boyut değişimi tespit edilmektedir. WSP 110.4.R4 standardı dikkate alınarak yapılmıştır. Numunelerin yaklaşık %70-80'inde mukavemet testi yapılmaktadır. Testler kondisyonlanmış numunelere makine yönünde (MD) ve karşı yönde (CD) olmak üzere uygulanmıştır. Her iki yöndeki test sonuçlarının ortalaması alınmıştır.

Dokunmamış kumaşların sıvı emme kapasitesi ve hızı ölçümü WSP 10.01 standardı dikkate alınarak yapılmıştır. Numuneler %20'sinde sıvı emme kapasitesi kontrol edilmektedir. Numuneler 5 gr ağırlığında 10 adet kesilerek test standardına göre hazırlanmış özel aparat ile birlikte ilk ağırlıkları alınmıştır. Daha sonra su dolu kaba bırakılmıştır. Aparatın suya dokunmamış kumaşla birlikte batma süresi kronometre yardımıyla ölçülmüştür. Bu ölçümle dokunmamış kumaşın sıvı emme kapasitesi yüzdelik olarak hesaplanmıştır. 1 nolu denklemde beslenen kuru lateks miktarı gösterilmektedir.

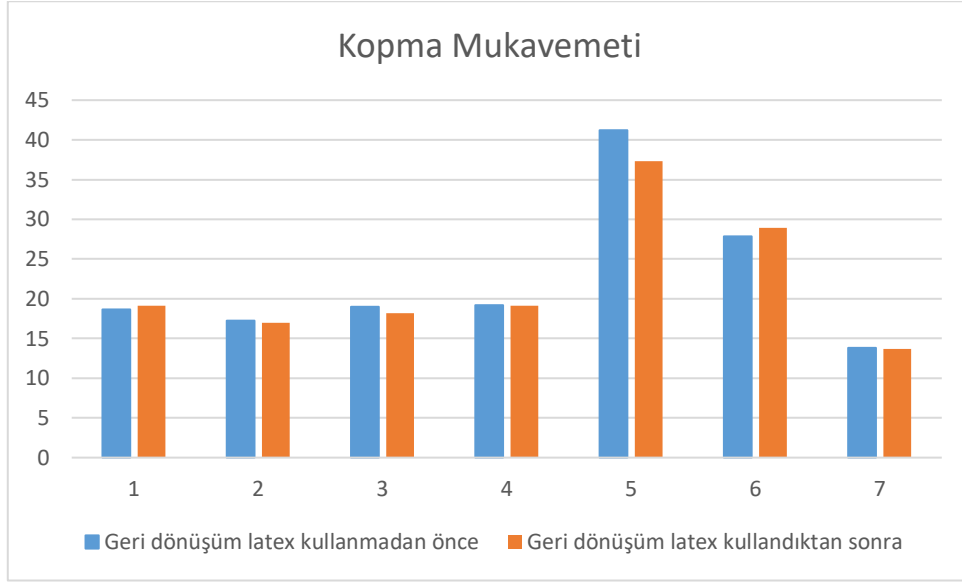
Üretim miktarı ( $m$ ) kuru lateks miktarını hesaplamak amacıyla karışım oranı ( $r$ ) ile oranlanmaktadır. Bir önceki parti üretiminden borularda olan lateks miktarını artı toleras payı ( $b$ ) olarak işlem görmektedir ve sabit katsayı ( $a$ ) beslenecek kuru lateks miktarını ( $J$ ) hesaplamada kullanılmaktadır.

$$J = a \left[ 2 \frac{mr}{100} + b \right] \quad (1)$$

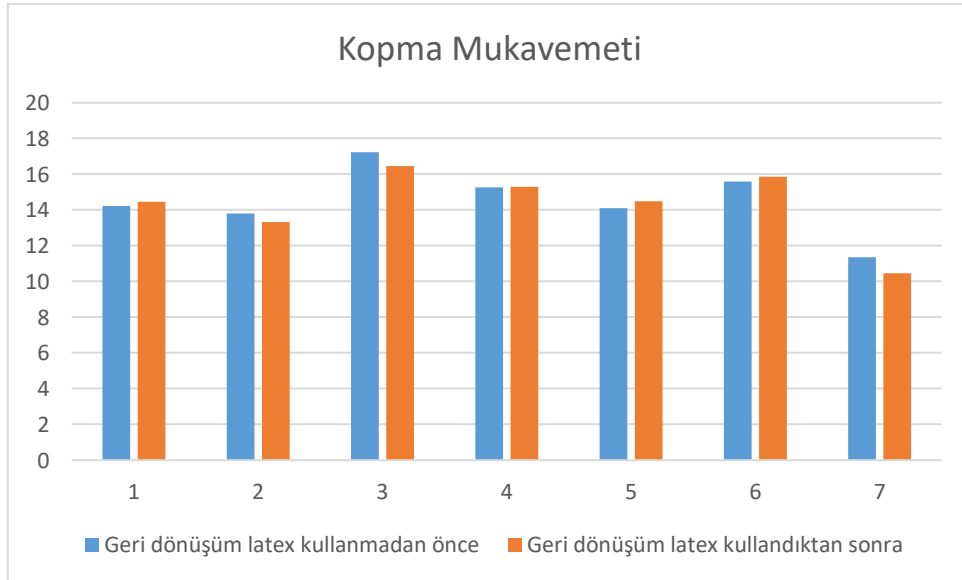


## BULGULAR VE TARTIŞMA

EDANA standartlarına göre üretilen numune 1,2,3,4,5,6,7'ye ait makine yönündeki mukavemet, çapraz yön mukavemet, ıslak mukavemet, sıvı emme kapasitesi analizleri lateks sistemi kullanılmadan önce ve lateks sistemi kullanıldıktan sonraki karşılaştırılması şekil 2,3,4,5' teki gibidir. Grafiklerde vurgulanmak istenen belirtilmiş olan analizlerde geri dönüşüm lateks kullanılmadan önce ve geri dönüşüm lateks kullanıldıktan sonraki değişimdir.



Şekil 2. MD yönü kopma mukavemeti (N/5 cm) karşılaştırılması



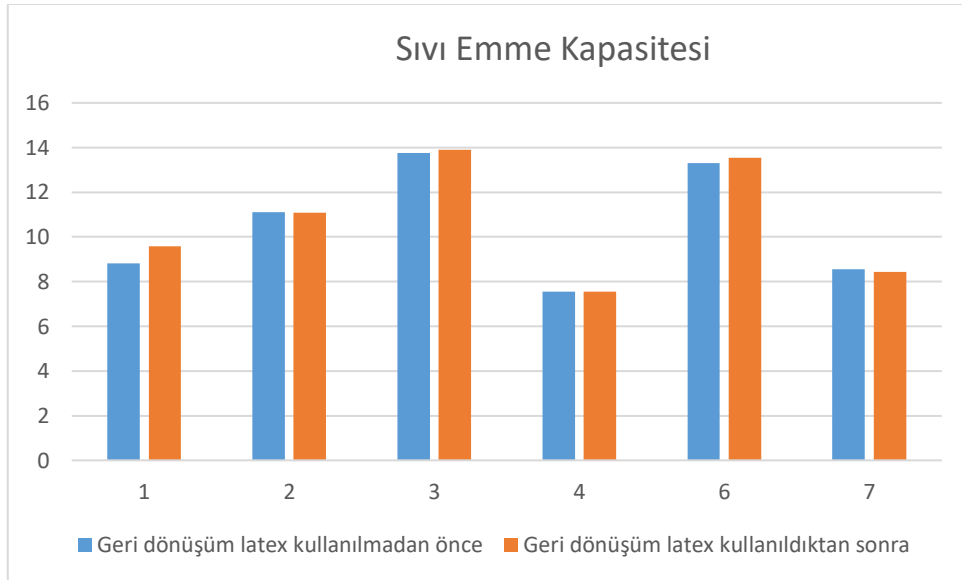
Şekil 3. CD yönü kopma mukavemeti (N/5 cm) karşılaştırılması

Islak mukavemet test sonuçları Şekil 4'teki gibidir. 3 ve 5 numaralı numunelerin kullanım alanındaki özellikler nedeniyle ıslak mukavemet testi üretici tercihi olarak yapılmamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada 3 ve 5 nolu numunelere ıslak mukavemet testi yapılmamıştır.



Şekil 4. WET CD (N/5 cm) karşılaştırılması

Şekil 5'te numuneler sıvı emme kapasitesi belirtilmiştir. 5 numaralı numunelerin kullanım alanındaki özellikler nedeniyle sıvı emme kapasitesi testi üretici tercihi olarak yapılmamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada 5 nolu numunelere sıvı emme kapasitesi testi yapılmamıştır.



Şekil 5. Sıvı emme kapasitesi (gr/gr) karşılaştırılması

Şekil 2'de MD yönü kopma mukavemeti değerleri için 1. üründe geri dönüşüm lateks kullanmadan önce 18,68 değeri gelirken lateks geri dönüşüm kullanıldıktan sonra 19,09 değeri gelmiştir. %2,22 oranında bir değişim olduğu görülmektedir. Ürün 2,3,4,5 için ise sırayla 1,6; 4,17; 0,25; 9,5 oranlarında azalma görülmüştür. Ürün 7 için 3,9 oranında artış görülmüştür. Şekil 3'de CD yönü kopma mukavemeti değerleri için 1.,4.,5.,6. üründe artma gözlenerek değerler 1,60; 0,21; 2,6; 1,8, 2., 3.,7. ürünler için azalma gözlenerek 3,42; 4,50; 7,8 oranları elde edilmiştir. Şekil 4 ıslak mukavemet için lateks geri dönüşüm öncesi ve sonrası oranlar 1.,2.,4.,7. ürünler için sırasıyla 10,17; 2,35; 4,61; 0,42 olarak gözlenmiştir. 1. üründe azalma olduğu tespit edilirken diğer üç üründe artma söz konusudur. Sıvı emme kapasitesi testi için ürünlerin lateks geri dönüşüm öncesi ve sonrası karşılaştırıldığında 1., 3., 4.,6. ürünlerde artış gözlenerek sırasıyla 8,70; 1,06; 0,23; 1,8 elde edilirken 2. ve 7. ürün için 0,21; 1,3 oranında bir azalma söz konusudur.

İncelenen verilerin normal dağıldığı tespit edilmiştir. Böylece Tablo 2’de virjin lateks ve geri dönüşüm lateks ile gerçekleştirilen numunelerin test sonuçlarına nasıl etki ettiği araştırılmak için istatistiksel analiz yöntemlerinden parametrik tek örneklem t testi uygulanmıştır. T-testi sonuçlarına göre numunelerin test değeri ile karşılaştırılması sonucunda tüm numunelerin p değerleri değerlendirilmiştir. Testin sonucunda test değeri ile virjin lateks ile üretilen numuneler ve geri dönüşüm lateks ile üretilen numunelerinin arasında anlamlı farklılık yoktur.

**Tablo 2.** Tek örneklem t testi

Test Değerleri	MD:21; CD:14; WETCD:7; SIVI EMME KAPASİTESİ:10						
	Test Değişkenleri	t	Serbestlik Derecesi (df)	Sig. (2-tailed) (p)	Ortalama Farkları	95% Fark Güven Aralığı	
Alt						Üst	
virgin lateks ile	MD	2,127	174	,035	1,42057	,1023	2,7388
	CD	3,225	174	,002	,50743	,1968	,8180
	WET CD	-,018	99	,986	-,00200	-,2278	,2238
	SIVI EMME KAPASİTESİ	2,553	149	,012	,50920	,1150	,9034
geri dönüşüm lateks ile	MD	2,127	174	,035	1,42057	,1023	2,7388
	CD	1,975	174	,050	,33257	,0002	,6649
	WET CD	-3,216	99	,002	-,28300	-,4576	-,1084
	SIVI EMME KAPASİTESİ	3,416	149	,001	,68140	,2872	1,0756

## SONUÇ

Yeniden kullanıma yapılan yatırım değerli kaynakların (zaman, para) kullanımının en aza indirgenmesi, işlemin otomasyon düzeyinin ve iyileştirilen parçaların kalitesinin en üst düzeye çıkarılmasında kritik öneme sahiptir. Malzeme ve ürün kurtarmanın öneminden dolayı literatürde yoğun olarak çalışılan konu airlaid hattında uygulanmıştır. Normal dağılım gösteren virjin lateks sistemi verileri ile geri dönüşüm lateks sistemi verileri arasında yapılan istatistiksel test sonucunda test değeri ile anlamlı bir farklılık yoktur. Tespit edilmiş yaklaşık %7-10 miktarında lateks ürününün telefe gitmesi önlenmiştir. Sağlanan bu tasarruf ile birim maliyet %5±2 miktarında düşürülmüştür.

## KAYNAKLAR

- E. Irzmańska ve J. Dutkiewicz 2015. Preliminary Evaluation of Airlaid Nonwovens with Superabsorbent for Use in Protective. Tests Involving a Thermal Foot Model and Climatic Chamber . Fibres and Textile in Eastern Europe. 23,6(114):138-142.
- M. Akalın ve M. S. Özen 2010. Tülbent Esaslı (Dokunmamış) Kumaşlar. İstanbul: Marmara Üniversitesi.
- M. Gupta ve S. McGovern 2011. The Disassembly Line Balancing and Modeling. Newyork: McGraw-Hill.
- Y. B. Mlik, M. Jaouadi, M. Jmali, M. Slah 2016. New Lab-Scale Device For Nonwoven Production: Optimization Of Setting Parameters. The Journal of the Textile Institute. 107 (12): 1636-1643.
- I. Cerkez, H. B. Kocer, R. M. Broughton 2018. Airlaid Nonwoven Panels For Use As Structural Thermal Insulation. The Journal of the Textile Institute. 109 (1): 17-23.
- V. Prusty 2019. Modelling Geometries and Simulation of Fluid Flow in Airlaids for Virtual Material Design. (Thesis). Central Examination Office RWTH Aachen University, Germany.

## Aspir (*Carthamus tinctorius* L., safflower) çiçeklerinden yeşil sentezle Ag katkılı nano ZnO eldesi, karakterizasyonu ve fotokatalitik aktivitesinin araştırılması

Melike Başak Fındık\*(<https://orcid.org/0000-0002-1464-5040>), Mahmure Üstün Özgür  
(<https://orcid.org/0000-0002-6398-3871>)

Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Kimya Lisans, İstanbul, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: melikebasakfindik@gmail.com

### Özet

Günümüzde nanoteknolojinin hızla gelişimiyle sektörlerde kullanımı oldukça yaygınlaşan nano boyuttaki partiküllerin verdiği hizmetler göz doldurmaya başlamıştır. Bu kapsamda son çağın gözdesi yeşil sentez (biyosentez) yöntemi tercih edilerek bu proses gerçekleştirilmiş ve *Aspir* bitkisi kullanılmıştır. Sentez aşamasında optimum koşullar reaksiyon parametreleri değiştirilerek saptandı. Sentezlenen Ag katkılı nano ZnO (ZnO-Ag-NP)'in yapısı ve kararlılığı UV-VIS, FT-IR, SEM, SEM-EDS, zeta tanecik boyutu ve izoelektrik nokta analizleri ile karakterize edildi ve sonuçlar irdelendi. Çalışmada ZnO-Ag-NP'lerin fotokatalizör özelliği tekstil boyar maddesi olan Basic Red 46'nın foto-bozunması fotokatalizör kombinasyonları (ZnO-Ag-NP / UV ışık / Güneş ışığı / pH) kullanılarak incelenmiştir. Boya bozunumu üzerine pH (5-11), ışınlama süresi (1-4saat), boya başlangıç konsantrasyonu (4-16 ppm) ve sıcaklık (20-80°C) etkisi incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Foto-bozunma hem gün ışığında hem de UV ışık altında izlenmiş ve optimum koşullarda (boya konsantrasyonu: 10 ppm, pH: 9, ZnO-Ag-NP dozu: 0.02g /50 mL, UV ışık yoğunluğu: 16 W / m<sup>2</sup> ve süre: 3 saat) UV ışık altında %90 oranında bozunma meydana geldiği ve Ag-katkısının bozunma yüzdesini %20 arttırdığı saptandı.

**Anahtar Kelimeler:** Çinko Oksit, Nanopartikül, Gümüş Katkılı, *Aspir*, *Carthamus tinctorius* L., Yeşil Sentez, Fotokatalizör, Basic Red 46

### Green synthesis of Ag doped ZnO nanoparticles from safflower (*Carthamus tinctorius* L.), characterization of them and to investigate their photocatalytic activity

#### Abstract

Nowadays, with the rapid development of nanotechnology, the services provided by nanoscale particles, which are widely used in the sectors, have started to attract attention. In this context, this process was carried out by choosing green synthesis (biosynthesis), the favorite of the last age, and safflower plant was used. Optimum conditions in the synthesis step were determined by changing the reaction parameters. The structure and stability of the synthesized Ag-doped nano ZnO were characterized by UV-VIS, FT-IR, SEM, SEM-EDS, zeta particle size, isoelectric point analyzes and the results were examined. In the study, the photocatalyst property of ZnO-Ag-NP on photo-degradation of Basic Red 46, which is a textile dye, was investigated by using photocatalyst combinations ( ZnO-Ag-NP / UV light / Sun light / pH). The effects of pH (5-11), irradiation time (1-4 hours), dye initial concentration (4-16 ppm) and temperature (20-80 ° C) on paint degradation were investigated and evaluated. Photo-degradation was monitored both in daylight and under UV light and under optimum conditions (dye concentration: 10 ppm, pH: 9, ZnO-Ag-NP dose: 0.02g / 50 mL, UV light intensity: 16 W / m<sup>2</sup> and duration: 3 hours), It was observed that 90% degradation occurred under UV light and Ag-doping was increased the percentage of degradation by 20%.

**Keywords:** Zinc Oxide, Nanoparticle, Silver Doping, *Safflower*, *Carthamus tinctorius* L., Green Synthesis, Basic Red 46, Photocatalyst

#### 1. Giriş

Bu çalışmada günümüzde oldukça farklı ve fazla alanda kullanılabilen çinko oksit ve gümüş katkılı çinko oksidi yine günümüzde çok popüler olan yeşil sentez uygulaması ile nano boyutta sentezlemek, karakterize etmek, kullanım alanlarını geliştirmek ve sürdürülebilirlik altında değerlendirmek esastır. Üretim maliyeti düşük, inovasyon değeri yüksek, sanayide çeşitli kullanım alanına sahip olacağı düşünülen bir ürün sentezlenmesi hedeflenmiştir.

Yeşil kimyaya ve diğer biyolojik proseslere karşı artan ilgi bilim insanlarını basit, uygun fiyatlı, geniş bir yelpazede ticari üretime elverişli olma gibi birçok avantaja sahip çevre dostu nanotaniciklerin sentezi yaklaşımına yönlendirmiştir. Bu çalışmada, ilk kez *Aspir* (*Carthamus Tinctorius L., Safflower*) bitkisinin çiçeklerinin sulu ekstresi kullanılarak hem ekonomik hem hızlı hem de çevre dostu biyosentez yöntemi ile nanopartiküller elde edilmiştir. Bu yeni çevre dostu sentez yaklaşımı, büyük ölçekli ticari üretime uygun yeni ve kullanışlı bir tekniktir.

ZnO, uzun yıllar antibakteriyel etkisi ile ilaç, kozmetik, gıda, tekstil, kauçuk ürünleri, mürekkep ve boya, güneş kremi ve anti-ultraviyole kumaş, akıllı tekstil ürünleri, atıksu arıtma ve daha birçok alanda kullanılmıştır. Aynı zamanda, fotokatalist olarak gümüş katkısı ile, çinko oksit, katkılı olmayanlar ile karşılaştırıldığında daha yüksek degradasyon verimi gözlenmiştir.

Başta kozmetik sektörü için vazgeçilmez bir hammadde olan ve ülkemize daha çok ithalat yoluyla gelen bir ham madde olan çinko oksidin ilgili üretim yöntemi ticarileştirilecek olursa ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır. Bu şekilde diğer doğal hammaddelerin üretimine ülkedeki araştırmacılar teşvik edilecek ve tüketicinin güvenle kullanabileceği etkin ve kaliteli bir kozmetik aktif maddesi sentezlenecektir.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Materyal

Bu çalışmada gerekli flavonoid ve fenolik grupları içeren *Aspir* bitkisi kullanılmıştır. Ülkemizde yetişen bu çiçekler toplandıktan sonra kurutulup senteze hazır hale getirilmiştir.



Şekil 1: Aspir Çiçekleri

### 2.2. Metod

#### 2.2.1. Bitki Özütünün Hazırlanması

Aspir bitkisinin kurutulmuş çiçeklerinden 5 gram tartıldı ve üzerine yaklaşık 400-500 mL distile su ilave edildi. Manyetik karıştırıcı üzerinde yaklaşık 60-70°C'de 1 saat hem ısıtma hem karıştırma uygulanarak ekstraksiyon işlemi gerçekleştirildi. Elde edilen karışım sırasıyla 2 defa kaba süzgeç kâğıdı ile 2 defa da mavi bantlı süzgeç kâğıdı ile süzüldü. Ekstraksiyon işlemi 3 kez tekrarlandı ve yaklaşık 900 mL süzüntü elde edildi. Elde edilen ekstrakt buz dolabında +4°C'de ve güneş görmeyecek şekilde muhafaza edildi.

#### 2.2.2. ZnONP'lerin Oluşumunda Farklı Parametrelerin Etkisi

**Hacim Etkisi:** Sentez reaksiyonuna bitki ekstraktı hacminin etkisinin araştırılması amacıyla Zn-Ac çözeltilisinden alınan hacim 50 mL'de sabit tutulup üzerine 10, 20, 30, 40, 50 mL bitki ekstraktı damla damla yaklaşık 60 dakikada ilave edildi. Aradaki farkı görmek için ayrı bir reaksiyonda tam ters işlem uygulandı. Reaksiyon sıcaklığı 60°C'ye ortam pH'ı NH<sub>3</sub> çözeltilisi ile pH10'a ayarlandı ve karıştırıcıda 3 saat daha karıştırarak ZnO NP'lerin oluşumu sağlandı. Oluşan ZnO NP'lerin sulu çözeltilerinin gerekli seyreltmeler yapıldıktan sonra 300-500 nm dalga boyu aralığında UV-VIS spektrumları alındı ve işlem sonunda en uygun hacim oranının 10 mL aspir ekstraktı / 50 mL Zn-Ac olduğu gözlemlendi.

**pH Etkisi:** Ortamın pH değerinin etkisinin sentez reaksiyonuna etkisinin araştırılması için pH 6, 8, 10 ve 12 değerleri için denemeler tekrarlandı. 60°C reaksiyon sıcaklığında 3 saat daha karıştırma işlemine devam edildi. En uygun ortam pH değeri olarak pH10 seçildi.

**Sıcaklık Etkisi:** Sentez reaksiyonuna sıcaklığın etkisinin araştırılması için 25°C, 40°C, 60°C ve 80°C olmak üzere 4 farklı sıcaklık derecelerinde biyosentezde yapılan aynı işlemler tekrarlandı. Optimum sıcaklık için 80°C belirlendi.

**Kalsinasyon Sıcaklığı Etkisi:** ZnO NP'ler 80°C'de kurutulduktan sonra 200°C ve 400°C'de 2 saat kül fırında bekletildi. Alınan spektrumlar birbirleriyle karşılaştırılarak farklı sıcaklıklarda kalsine edilen ZnO NP'lerin boyutları kıyaslandı ve uygun kalsinasyon sıcaklığı 200°C olarak belirlendi.

**Gümüş Katkı Etkisi:** Literatürde verilen farklı yöntemler denenmiş ve alınan UV-VIS spektrumların değerlendirilmesiyle seçilen yöntem doğrultusunda, sentezde, gümüş nitrat çözeltisinin bitki ekstraktı ile aynı miktarda ve eşzamanlı olarak ilave edilmesine karar verilmiştir. Bu bağlamda, araştırılacak olan Ag konsantrasyonları %2, %1, %0.8, %0.6, %0.4, %0.2 olarak belirlendi. Sistem optimum koşullarda stabil hale getirildikten sonra her bir konsantrasyondaki AgNO<sub>3</sub> çözeltisinden 60 dakika içerisinde damla damla ilave edildi. Elde edilen nanopartiküllerin kalsinasyon işlemleri sonrası gerekli seyreltmelerle alınan UV-VIS spektrumlarının değerlendirilmesiyle %1'lik AgNO<sub>3</sub> çözeltisi ile katkılamanın yeterli olacağına karar verildi.

### 2.2.3. Ag Katkılı Çinko Oksit Nanopartiküllerin Üretimi

ZnONP'lerin sentezi için saptanan optimum koşullarda Ag katkısı yapılarak ZnO-Ag-NP'lerin sentezi aşağıda verilen prosedür uygulanarak gerçekleştirildi. Uygun hacim oranları kullanılarak 1 saat sürecinde bitki ekstraktı ve aynı zamanlama ile %1 konsantrasyonlu AgNO<sub>3</sub>'ün ilavesinden sonra, pH10 reaksiyon ortamında ve ortalama 80°C reaksiyon sıcaklığında 3 saat boyunca magnetik karıştırıcıda hem ısıtma hem karıştırma (250 rpm) işlemi uygulandı. Bu işlemden sonra elde edilen ürünler +4°C'de karanlıkta 12-15 saat muhafaza edildi. Ertesi gün ürünler 2 defa distile su ve 2 defa etanol kullanarak 4000 rpm'de 10'ar dakika santrifüjlendi. Bu şekilde yıkama işlemleri ile safsızlıklar giderildi. Santrifüj işleminden sonra sentezlenen ZnO-Ag-NP'ler etüvde 80°C'de 3 saat kurutuldu. Daha sonra uygun kalsinasyon sıcaklığı olan 200°C'de kalsine edildi. Üretilen ZnO-Ag-NP'lerin sulu çözeltisinin 300-500 nm dalga boyu aralığında UV-VIS spektrumu alındı.

### 2.2.4. Üretilen ZnO-Ag-NP'lerin Karakterizasyonu

Sentezlenen ZnO-Ag-NP'ler 300-500 nm dalga boyu aralığında alınan UV-VIS spektrumları ve 4000-400 cm<sup>-1</sup> aralığında alınan FTIR spektrumları ile karakterize edildi. ZnO-Ag-NP'lerin yüzey yapısı SEM analizi ile belirlendi. Alınan spektrum sonuçları SEM-EDS analizi ile ZnO-Ag-NP'lerin yapısı aydınlatılarak desteklendi. Zeta-Sizer analizi ile de ZnO-Ag-NP'lerin parçacık boyutu ve ayrıca zeta potansiyeli ve izoelektronik noktası saptandı.

### 2.2.5. Elde Edilen Nanopartiküllerin Fotokatalitik Aktivitesinin Belirlenmesi



Şekil 2: ZnO-Ag-NP'lerin fotokatalitik degradasyon aşamaları

Öncelikle optimum koşullarda sentezlenmiş olan nanopartiküllerin miktarı sabit tutularak (0.02gram) tartılan 0.02g fotokatalist 50 mL 10 ppm Basic Red 46 boyar madde çözeltisi içeren behere aktarıldı. Ortam pH'ı istenilen değere derişik NH<sub>3</sub> çözeltisi ile ayarlandı. İlk olarak nanopartiküller ilave edilmeden önce boya çözeltisinin 200-800nm dalga boyu aralığında UV-VIS spektrumu alındı. Daha sonra nanopartiküller ilave edildi ve yaklaşık 5 dakika karıştırmanın ardından yine ölçüm alındı. Böylelikle 45 dakika karanlıkta karıştırma işlemi öncesinde 2 ölçüm alınmış oldu. 45 dakika karanlıkta karıştırma işlemi sonrasında yine bir ölçüm alındı ve UV ışık altında 4 saat karıştırma işlemi uygulandı. UV ışık altında karıştırma sırasında saat başı boya çözeltisinden alınan örneklerin 200-800 nm dalga boyu aralığında UV-VIS spektrumları alındı.

Deneyler Basic Red 46 boyar maddesinin fotokatalitik bozunması üzerine; pH, ışınlama süresi, boya konsantrasyonu ve sıcaklık gibi parametrelerin etkilerini araştırmak amacıyla tekrarlandı.

**pH Etkisi:** Ortamın pH değeri NH<sub>3</sub> çözeltisi ile pH 5, pH 7, pH 9 ve pH 11'e ayarlanarak deneyler tekrarlandı. Alınan ölçümlerden pH9 optimum ortam pH'ı olarak seçildi.

**Sıcaklık Etkisi:** Sıcaklığın fotokatalitik aktiviteye etkisini görebilmek amacıyla 4 farklı sıcaklık değeri (25°C, 40°C, 60°C ve 80°C) için deneyler tekrarlandı. Alınan ölçümlerin değerlendirilmesi sonucunda, 40°C ortam sıcaklığında çalışmaya karar verildi.

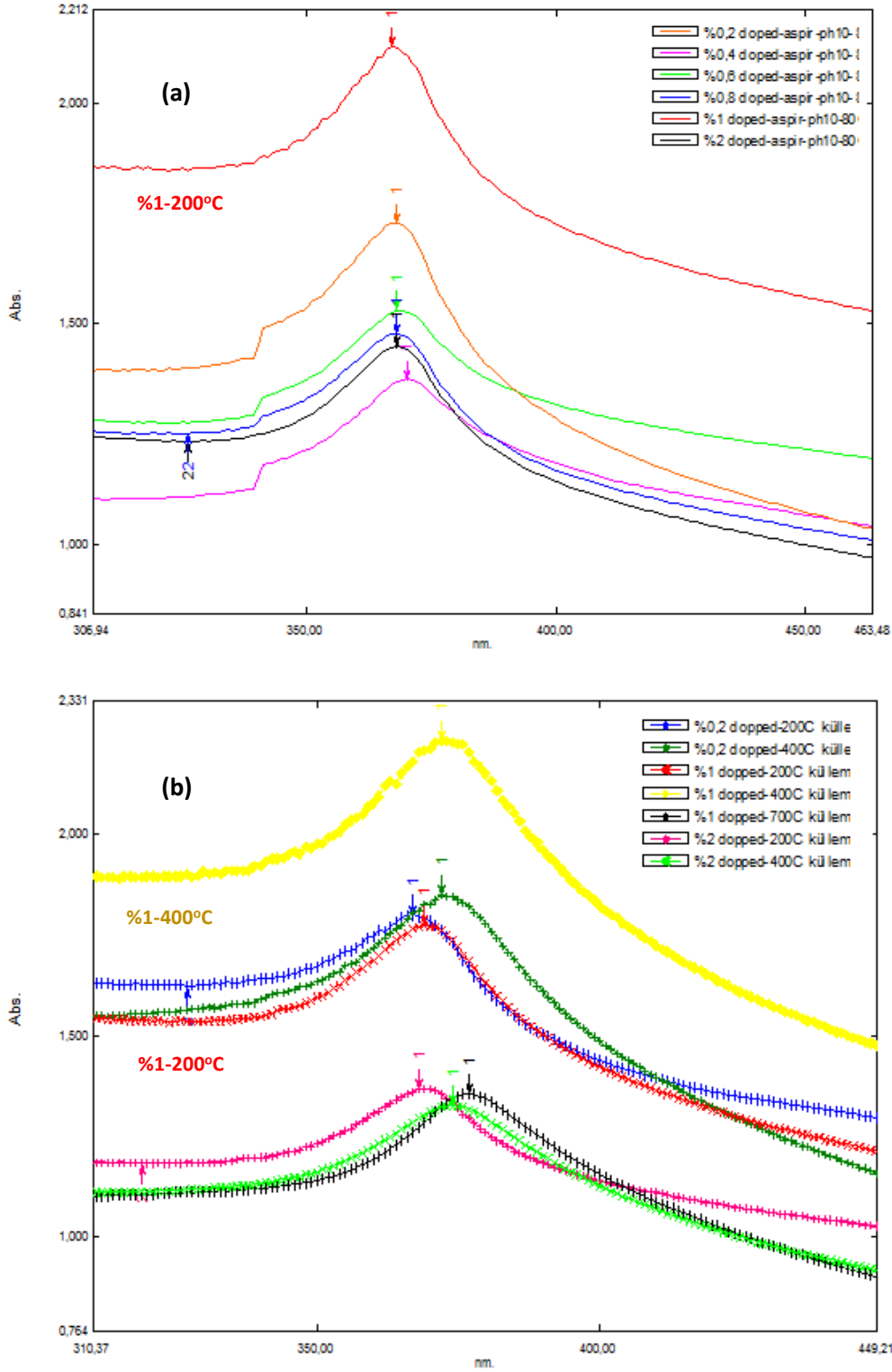
**Başlangıç Konsantrasyonunun Etkisi:** 4, 8, 10, 12 ve 16 ppm konsantrasyondaki 50'şer mL boya çözeltileri ile deneyler tekrarlandı. Elde edilen ölçümlerden optimum başlangıç boya konsantrasyonu 10ppm olarak belirlendi.

**Işıma Süresinin Fotokatalitik Aktiviteye Etkisi:** Fotokatalitik aktivite çalışmalarına 45 dakika karanlıkta karıştırarak bekleme aşaması ve sonrasında 4 saatlik UV ışık altında reaksiyonun izlenmesi ile başlandı. Alınan ölçümlerle reaksiyon saat başı izlenerek verim hesabı yapıldı. Belli bir saat sonrasında verimin sabit kaldığı gözlemlendiğinde ışıma süresinin yeterli olduğuna karar verildi.

### 3. Deneysel Sonuçlar

#### 3.1. ZnO-Ag –NP'lerin Üretiminde Farklı Parametrelerin Etkisi

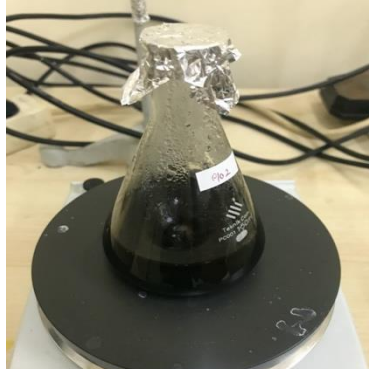
Şekil 3'te gözlemlendiği gibi, hacimce en doğru oranının saptanması için alınan spektrumlarda sabit tutulan 50 mL Zn-Ac çözeltisi üzerine 10 mL *aspir* bitkisi ekstraktı ilavesi ile, nanopartiküller daha düzenli, daha sivri ve yayvan olmayan bir pik vermiştir. Tüm spektrumların ayrıca 1. türev spektrumları incelendiğinde bu sonuç doğrulanmıştır. pH ve sıcaklık parametreleri beraber karışık eşleştirmeler ile çalışılmış olup elde edilen UV-VIS spektrumlarından optimum şartlar için; pH:10 ve sıcaklık: 80°C olarak saptanmıştır. Literatürde genelde çalışılmayan bir parametre olmasına rağmen, sıcaklık faktörünün önemi gözle görülen bir fark ile ortaya çıkartılmıştır. Kalsinasyon sıcaklığının saptanması için farklı sıcaklıklarda (200, 400 ve 700°C) yapılan denemeler sonucunda en verimli sıcaklık olarak 200°C belirlenmiştir.



**Şekil 3: (a)Farklı konsantrasyonlarda gümüş katkısı ile sentezlenen ZnO nanopartiküllere ait absorpsiyon spektrumları (b) Farklı kalsinasyon sıcaklığında küllenen ZnO –Ag-NP'lere ait absorpsiyon spektrumları**

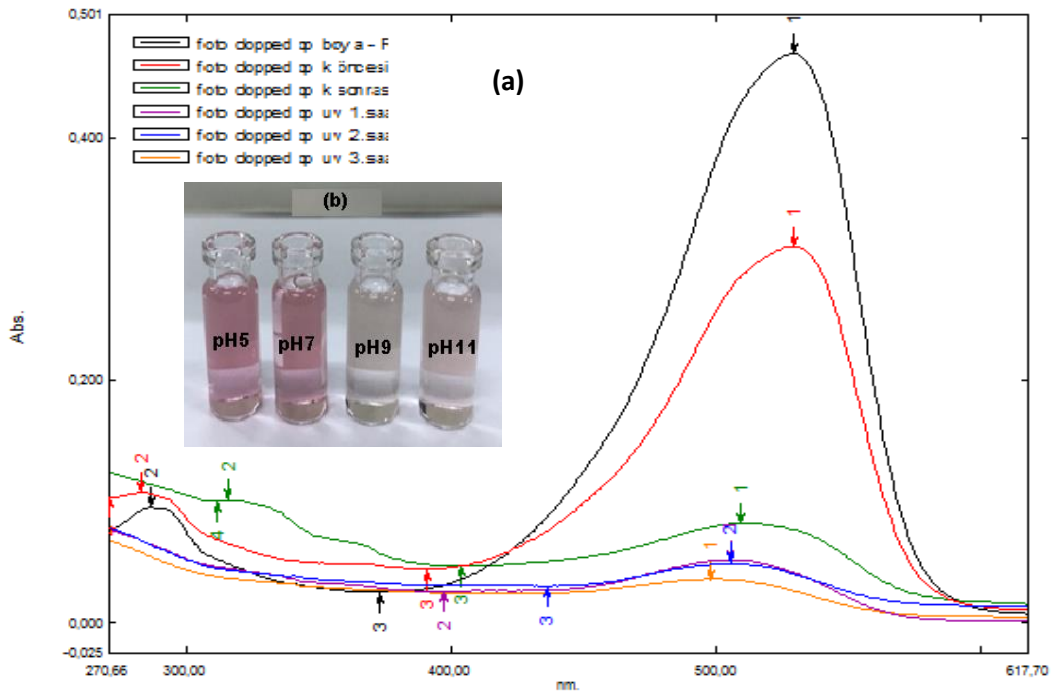
Gümüş katkısı çalışmanın en önemli parametresi olduğundan, literatürde daha önce yapılan çalışmalardan başarılı bulunan 4 farklı yöntem denenerek en verimli olduğu düşünülen yöntem üzerinden farklı konsantrasyonlarda yapılan katkılama işlemi sonucunda elde edilen veriler göstermiştir ki, optimum gümüş katkısının %1 olması, en doğru seçim olacaktır.





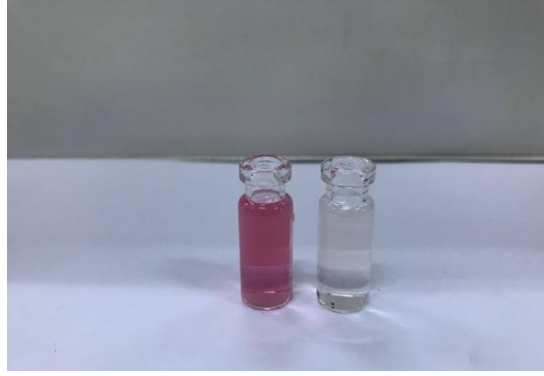
Şekil 4: Gümüş katkısı yapılmış olan ZnO nanopartiküllerin oluşumuna ait görsel

### 3.2. Elde Edilen ZnO-Ag-NP'lerin Fotokatalitik Aktivitelerinin Belirlenmesi



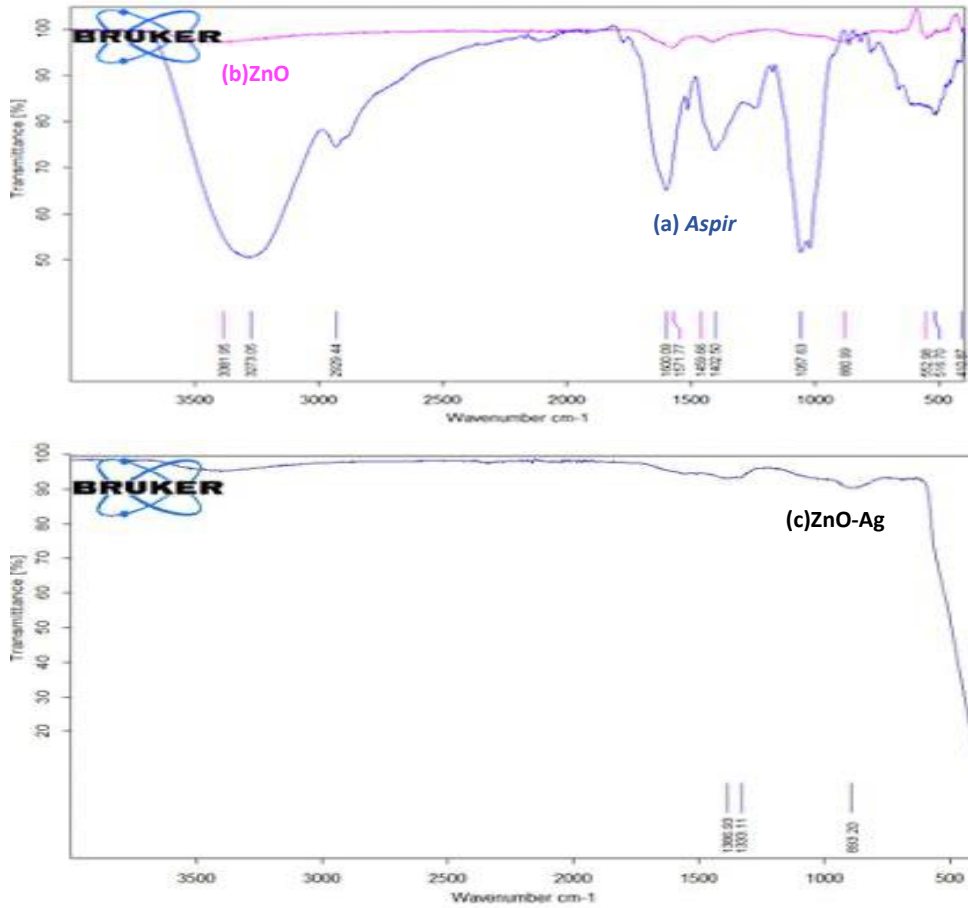
Şekil 5: Fotokatalitik aktivitenin belirlenmesinde optimum koşulların saptanmasına ait görseller (a) sürenin etkisi (b) pH etkisi

Sentezlenen ZnO-Ag-NP'lerin fotokatalitik aktivitesinin araştırılmasında optimum koşulların saptanması için yapılan çalışmalarda ortamın pH değeri, sıcaklığı, başlangıç boya konsantrasyonu ve ışınlatma süresi parametreleri üzerinde çalışıldı. Ortam pH değerinin etkisinin araştırılması için öncelikle boyanın kendi öz pH derecesi olan pH5 ile denemelere başlandı ve farklı pH değerlerinde (5, 7, 9 ve 11) denemeler tekrarlandı. En yüksek bozunma yüzdesi pH9'da elde edilmiştir (Şekil 5). Başlangıç boya konsantrasyonunun saptanması için 5 farklı konsantrasyon denenmiş ve 10 ppm konsantrasyon ile denemelere devam edilmiştir. Ortam sıcaklığının bozunmaya etkisinin araştırılması için yapılan denemelerde, yüksek sıcaklıklarda aşırı buharlaşmadan dolayı doğru sonuçlar elde edilememiş, fakat 40°C sıcaklıkta oda sıcaklığında yapılan çalışmalarda elde edilen bozunma veriminden daha fazlası kazanılmıştır. 40°C sıcaklıkta denemelere devam edildi. UV ışığının geliş açısı ve süresi degradasyon için oldukça önemli ve sonucu etkileyen bir parametre olduğundan, ışınlatma süresinin saptanması için yapılan denemelerde, rengin gittiği ana kadar her saat başı ölçüm alınmış ve 45 dk karanlık reaksiyonu sonrasında UV ışık altında 3 saat karıştırmanın bozunma için yeterli olduğu gözlenmiştir.



Şekil 6: Optimum koşullarda UV ışık altında 10 ppm boya çözeltisinin bozunmasına ait sonuç görseli

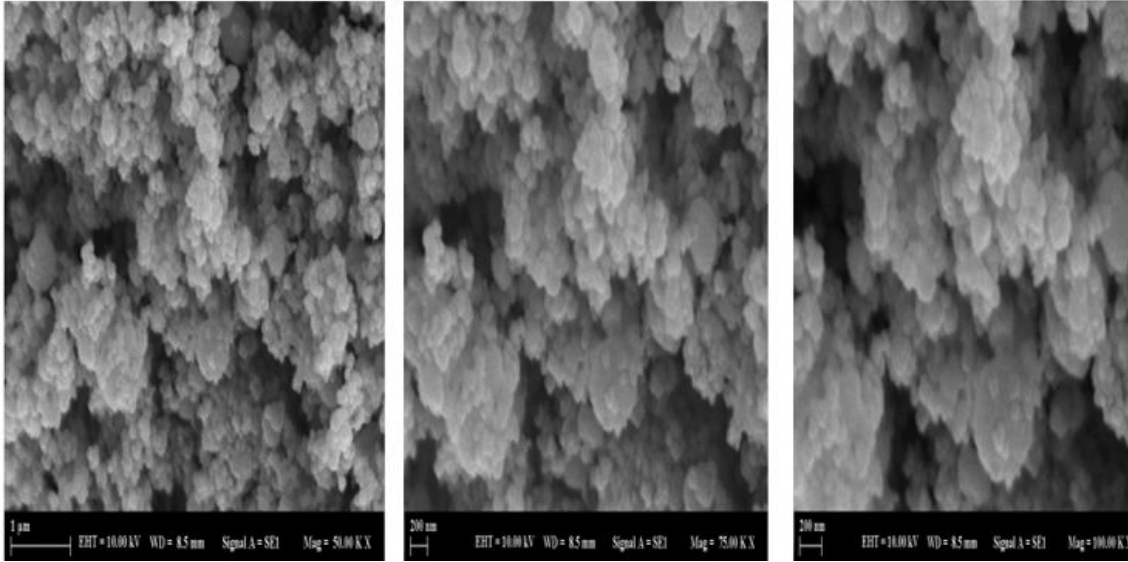
### 3.3. Biyosentezlenen ZnO-Ag-NP'lerin Karakterizasyonuna Ait Sonuçlar



Şekil 7: (a) Aspirin çiçeğinin bitki ekstraktına, (b) ZnONP'lere, (c) ZnO-Ag-NP'lere ait FTIR spektrumu

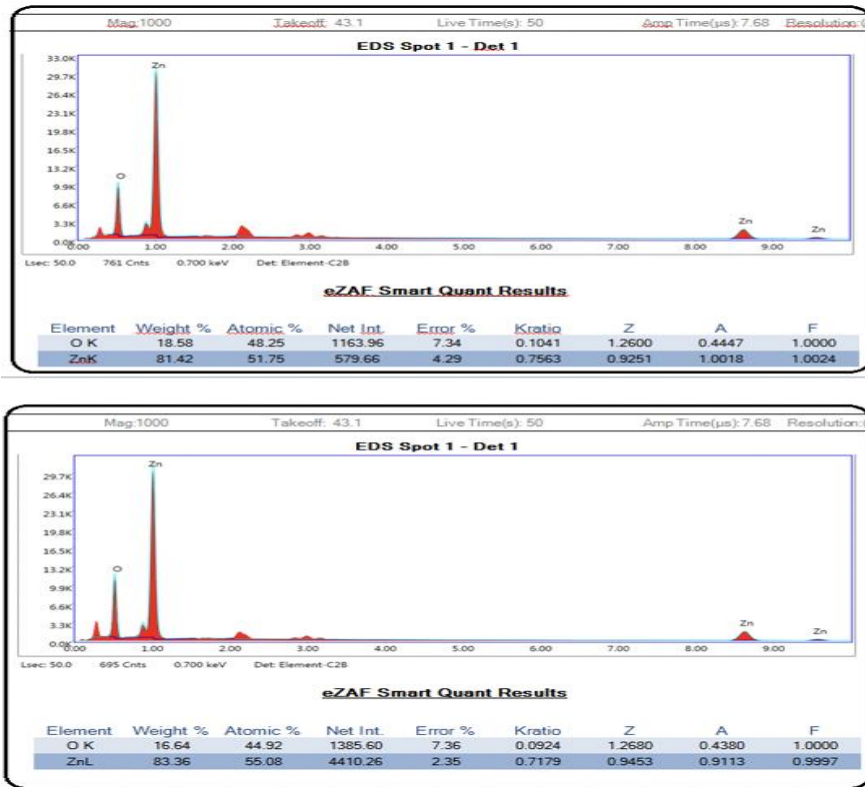
**Analizi Sonuçları:** Sentezlenen ZnO nanotaniciklerin oluşumlarının gerçekleştiğini görmek ve reaksiyonun hangi bağlar üzerinden yürüdüğünü belirleyebilmek için elde edilen bitki özütünün Zn-Ac ile etkileştirilmeden önce ve sonra FTIR spektrumları alındı, (Şekil 7). Bitki özütüne ait spektrum nanopartiküllere ait spektrumlar ile karşılaştırıldığında *Aspirin* bitkisi sulu ekstresine ait olan spektrumda görülen  $3322 \text{ cm}^{-1}$  (O-H),  $2928 \text{ cm}^{-1}$  (C-H),  $1581 \text{ cm}^{-1}$  (C=C)] piklerin  $200^\circ\text{C}$ ' de kalsine edilmiş ZnO NP'e ait olan spektrumda büyük oranda azaldığı veya kaybolduğunun gözlenmesi ve  $410\text{-}520 \text{ cm}^{-1}$ 'de görülen bandın (Zn-O bağı) varlığı ZnONP oluşumunu, ZnO-Ag-NP'lere ait FTIR spektrumu incelendiğinde bu pikin daha belirgin oluşu, ZnO-Ag-NP sentezinin gerçekleştiğini doğrulamaktadır. Sonuçlar literatürdeki araştırmalardan elde edilen veriler ile uyumludur.

## SEM-SEM-EDS Analizi Sonuçları:



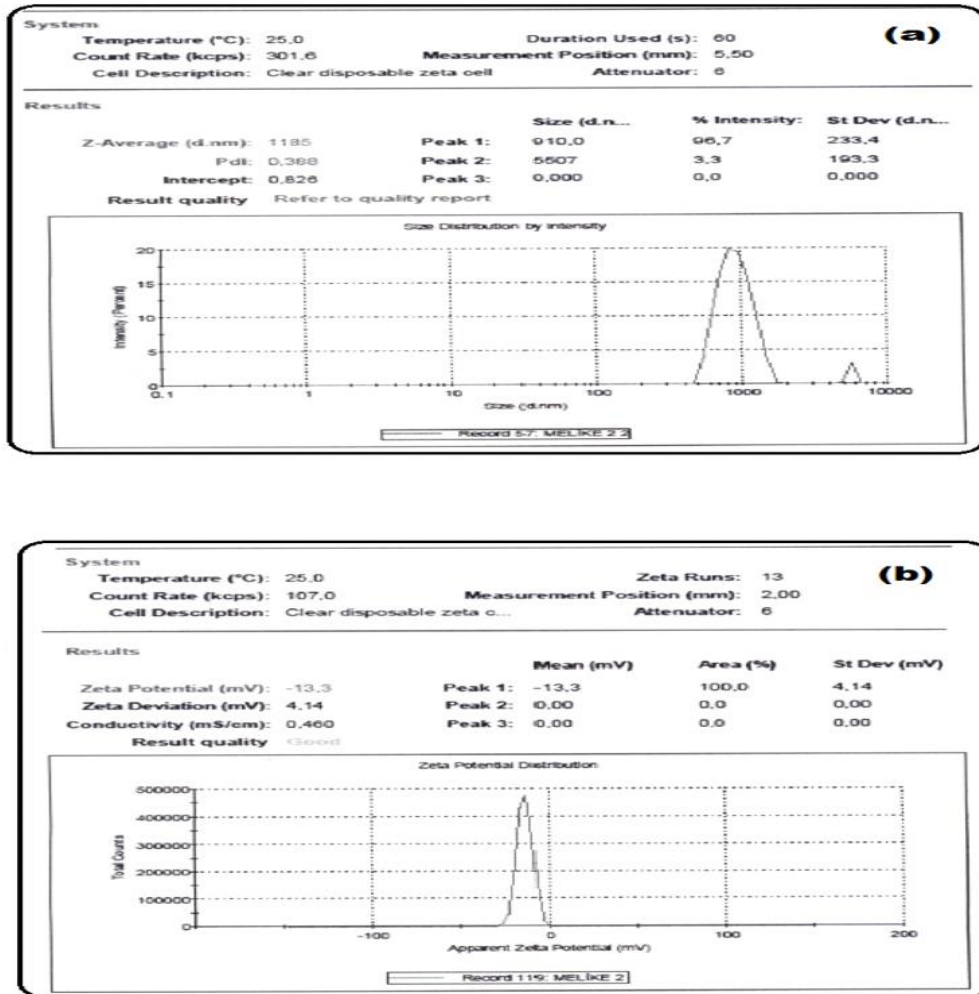
Şekil 8: 200°C'de kalsine edilen %1 Ag katkılı ZnONP'lere ait 5000, 7500 ve 10000 büyütmeli SEM görüntüleri

ZnO-Ag nano partiküllerin morfoloji ve kimyasal bileşim açısından incelendiği taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri ve EDS analiz sonuçları Şekil 8 ve Şekil 9'da verilmiştir. SEM fotoğrafında nanopartiküller sıkı paketlenmiş, hemen hemen homojen olarak dağılmış, yaklaşık küresel ve oval şekillerde olup mikrometre boyutlardadır. Bu tanecikler arasındaki mesafeler oldukça dar görünümündedir. Partikül boyutlarının 1185 nm civarında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 9: Sırasıyla 80°C ve 200°C'de kalsine edilen ZnO-Ag-NP'lere ait SEM-EDS analizi sonuçları

EDS raporuna göre, etüvde 80°C kurutulmuş numune için Zn ve O'nun ağırlık yüzdesi ve atomizitesi sırasıyla 79.66, 20.34 ve 51.06, 48.94 olarak bulunmuştur. 200°C'de kalsine edilen ZnONP'ler için ise Zn ve O'nun ağırlık yüzdesi ve atomizitesi sırasıyla 83.22, 16.28 ve 54.82, 45.18 olarak bulunmuştur. Sonuçların yığın ZnO ağırlık yüzdesine yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 10: Ag katkılı ZnO NP'lerin Zeta Sizer sonuçları (a) ortalama partikül boyutu, (b) zeta potansiyel

“Polidispersite” terimi (veya IUPAC tarafından önerildiği gibi “dağılma”) parçacıkların boyut dağılımının homojen olmama derecesini tanımlamak için kullanılır. Bu indeks boyutsuzdur ve 0.05'ten küçük değerler esas olarak yüksek düzeyde monodispers standartlarda görülecek şekilde ölçeklendirilmiştir. 0.7'den büyük PDI değerleri, numunenin çok geniş bir partikül boyutu dağılımına sahip olduğunu gösterir Polidispersite, agregasyon/aglomerasyondan kaynaklanabilir. PDI, nanoparçacıkların homojenliğini ölçer, pdi ne kadar küçükse, daha homojen nanopartiküller olur. Üretilen ZnONP ve ZnO-Ag-NP'lerin polidispersite indeks değerlerinin 0.4'den küçük oluşu bu nanopartiküllerin monodispers olarak kabul edilebileceğini ve daha az agrega olduğunu belirtir. (Şekil 10)

**Teşekkür;** Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-B Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Burs Programı tarafından desteklenmektedir. Kendilerine bu fırsat için çok teşekkür ederim.

#### 4. Kaynaklar

- Barakat, M.A., 2010, Adsorption and photodegradation of Procion yellow H-EXL dye in textile wastewater over TiO<sub>2</sub> suspension, Journal of Hydro-environment Research,5(2):137-142.
- Bechambi, O., Chalbi, M., Najjar, W., Sayadi, S., 2015, “Photocatalytic activity of ZnO doped with Ag on the degradation of endocrine disrupting under UV irradiation and the investigation of its antibacterial activity,” Applied Surface Science, vol. 347: 414–420.
- Krejčíková, S., Matějová, L., Kočí, K., 2012, “Preparation and characterization of Ag-doped crystalline titania for photocatalysis applications,” Applied Catalysis B: Environmental, 111-112(112): 119–125.

## Evaluation of the second generation intact stability criteria of IMO

Metin Taylan

Istanbul Technical University, Naval Architecture and Ocean Engineering Faculty 34469 Maslak,  
İstanbul, Türkiye

Corresponding author e-mail: taylan@itu.edu.tr

### Abstract

This study deals with the recently finalized and decidedly possible candidate of state-of-the-art intact stability criteria for ships; namely second generation intact stability criteria of International Maritime Organization, IMO. As a United Nation's agency, IMO is responsible for regulating ship design, construction, operation and safety internationally through its adopted rules and regulations. The above-mentioned criteria have been on the agenda of the organization for about 20 years. It is undoubtedly will be a breakthrough in ship stability when put in effect very soon. Basically, the criteria are based on purely dynamic behavior of ship motions and candidate to supersede the existing statical criteria. This study details key points of the criteria starting from the genesis until the last form referring to the foundation of each failure modes of motion. A brief summary of the comparison with the existing criteria is also made. Possible impact of the criteria on ship design and safety is evaluated addressing the strong and weak points. Finally, a few examples on the application of the new criteria is provided on different ship types for the purpose of early validation.

**Keywords:** Ship stability, ship motions, safety, stability criteria, parametric roll

### INTRODUCTION

Stability and safety have always been a primary concern for ships and marine vehicle since primitive boats in early ages. The first known written stability rules date back to 1255 when Venetians obliged the ships hammer a nail to side of ships in order to avoid excessive loading. In the last quarter of 1800s, the British adopted the Merchant Shipping Act applicable to merchant ships to impose draft marks simply to prevent ships from overloading as Venetians did centuries ago (Nowacki, 2003). International stability standards have been initiated scientifically based on the statistical work carried out by Rahola in 1939 (Rahola, 1939). In his doctoral study, he analyzed stability parameters of 14 ships that suffered from a type of stability failure and compared them with those of safe ships. He then proposed the limit values for certain stability parameters based on the outcome of his work. Thus, Rahola's work and the weather criterion which appeared in 1950s have set base today's existing "2008 Intact Stability (IS) Code" (MSC78/24/1 2003, IS Code 2008).

What is so-called first generation stability criteria was adopted by the International Maritime Organization, IMO for the first time as Resolution A.749(18) in 1993 (IMO Res. A. 749, 1993). These rules were mostly empirical and statistical oriented and grounded on Res. A.167(ES.IV) "Recommendation on intact stability of passenger and cargo ships under 100 meters in length" and Res. A.562(14) "Recommendation on a severe wind and rolling criterion- weather criterion" Afterwards, all these rules have been updated and amended by the name of "2008 Intact Stability (IS) Code" as part of SOLAS and ILLC conventions in 2010 (IMO Res.MSC.269(85) and MSC.270(85)).

As mentioned before, the compulsory part A of 2008 IS Code relies on empirical and/or statistical techniques. Although it resembles Rahola's analysis procedurally, the quantity and type of vessels considered by IMO were relatively much more than he utilized. Unlike 2008 IS Code, the weather criterion was developed on a more realistic mathematical background which considers diverse dynamic effects of weather and sea conditions on stability.

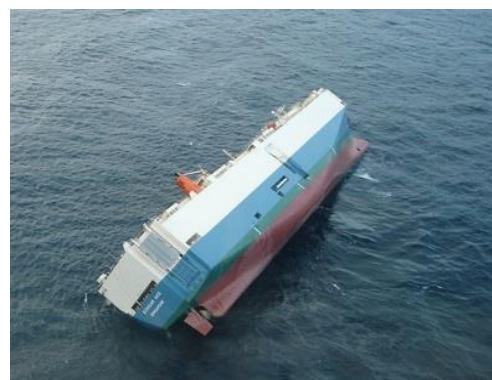
In recent years, conventional type of ships is being replaced by novel ship types according to advancing technology in many aspects such as construction, efficiency, operation etc. Therefore, criticism has been risen by the interested parties in the sector about the sufficiency of the existing first generation stability criteria which were developed using conventional vessels (Francescutto, 2004, 2007). Stability related accidents (APL China, Cougar Ace, Chicago Express etc.) in the last three decades that may not be explained by the existing rules necessitated the need to re-evaluate the intact stability criteria, Picture 1 and Picture 2. During this period, approximately 2500 lives lost around the world due to stability failures of intact Ro-Ro passenger ships in waves and 1500 lives were claimed due to sinking of Ro-Ro passenger ships after hull damage or collision. Ro-Ro vessels seem to be more vulnerable to stability failures than other vessel types due to their form and payload. Some of the major accidents (mostly Ro-Ro ships) are listed in Table 1.

**Table 1.** Major stability related accidents

Ship	Year	Place	Deaths
Spice Islander 1	2011	Zanzibar	150
Superferry 9	2009	Philippines	10
Don Dexter Kathleen	2008	Philippines	49
Blue Water Princess	2007	Philippines	100
Mae an	2006	Philippines	28
Cougar Ace	2006	Pacific	0
Finnbirch	2006	Baltic	2
Le Joola	2002	Senegal	2000
APL China	1998	Pacific	0
Jan Heweliusz	1993	Poland	55



**Picture 1.** APL China after accident



**Picture 2.** Capsize of Cougar Ace

IMO has initiated development of 2<sup>nd</sup> generation intact stability criteria at SLF, a subcommittee of the Maritime Safety Committee (MSC), and established intact stability working group in 2002. However, because of the ongoing work on 2008 IS Code at the time had postponed the real start until 2005 (SLF 48). Finally, the criteria have been finalized in 2020 and expected to be adopted in 2021 as recommended criteria under 2008 IS Code.

## SECOND GENERATION INTACT STABILITY CRITERIA

In the introduction part of 2008 IS Code, it is emphasized that safety of ships issue due to stability related accidents has not been resolved because of variation of ship sizes, operations and environmental conditions. It is further stated that ship stability in waves is a complicated phenomenon which has not been fully understood and evaluated up to now. Experts agreed that the environmental factors such as waves and wind are very important parameters and ship motions at sea need to be considered as a dynamic system. Following long discussions, it was realized that developing stability criteria based on ships' hydrodynamic characteristics and stability analysis is a complex problem which requires a detailed scientific research. At the early stages, it was decided that 2<sup>nd</sup> generation intact stability criteria should be based on the physics of a certain dangerous phenomenon which would lead to a stability failure (IMO SLF48-55, 2007-2011). Moreover, since risk analysis gains importance and becomes a standard procedure in many other sectors recently, the idea of having probabilistic criteria was generally welcomed (Peters et al., 2011).

Having carried out detailed analyses over the years, the working group established at IMO decided that 5 possible failure modes need to be considered as listed below (Belenky et al., 2011):

- Dead-ship condition
- Pure loss of stability
- Parametric roll
- Surf riding and broaching
- Excessive accelerations

All failure modes are significant in ship motions. However, Parametric roll and pure loss of stability seemed to be the major cause of most accidents (Peşman et al, 2011, 2012).

### Structure of the Criteria

The new criteria have a multi-tiered structure. The initial design of this structure established at SLF 53 as shown in Figure 1 (Francescutto, 2010). In this structure, three different levels are acknowledged (Bassler et al., 2009). First two levels aim at detecting whether ships are vulnerable to the above-mentioned stability failures through relevant vulnerability criterion. The 3<sup>rd</sup> level on the other hand is a performance based direct stability assessment. In the first level (level 1), non-vulnerable ships (so-called conventional ships) are differentiated from those which are supposed to be vulnerable (so-called unconventional ships). Hierarchically, analyses within the levels get harder from level 1 to level 3. The first level is the simplest of all containing calculations similar to the ones in 2008 IS Code. The second level is more complicated than the first one and utilizing physics based methods in order to tackle the dynamic phenomenon. Advance mathematics such as the numerical solution of non-linear differential equations is required. Risk assessment procedures are given for specific sea state conditions. The third level is a direct stability assessment (DSA) procedure that models the phenomenon physically to the real life happening. The result of the direct stability assessment may lead to modification in design or to the Operational Guidance or Operational Limitations. Figure 2 summarizes all the levels algorithmically which need to be applied to all stability failure modes (SDC 7, 2020).

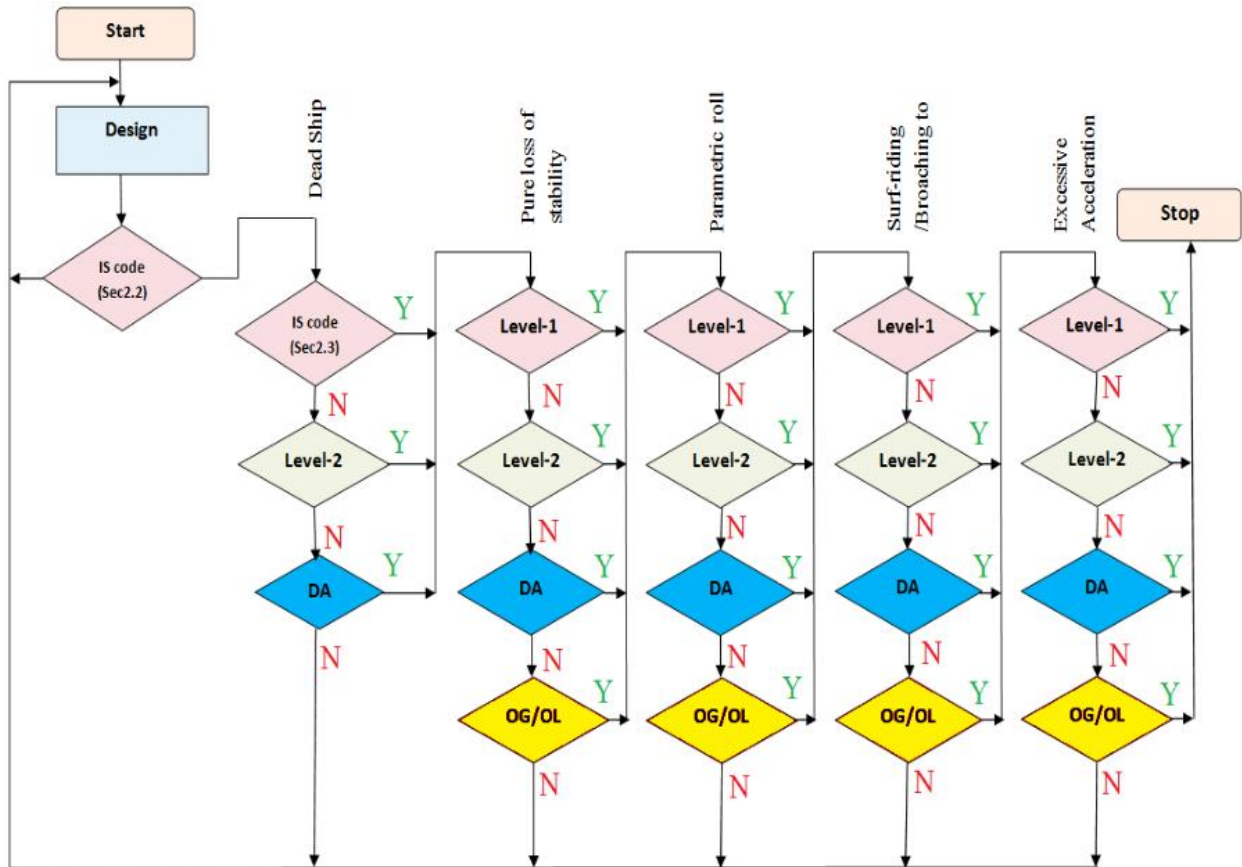


Figure 1. Initial form of multi-tiered criteria algorithm (SLF53/3, 2011)

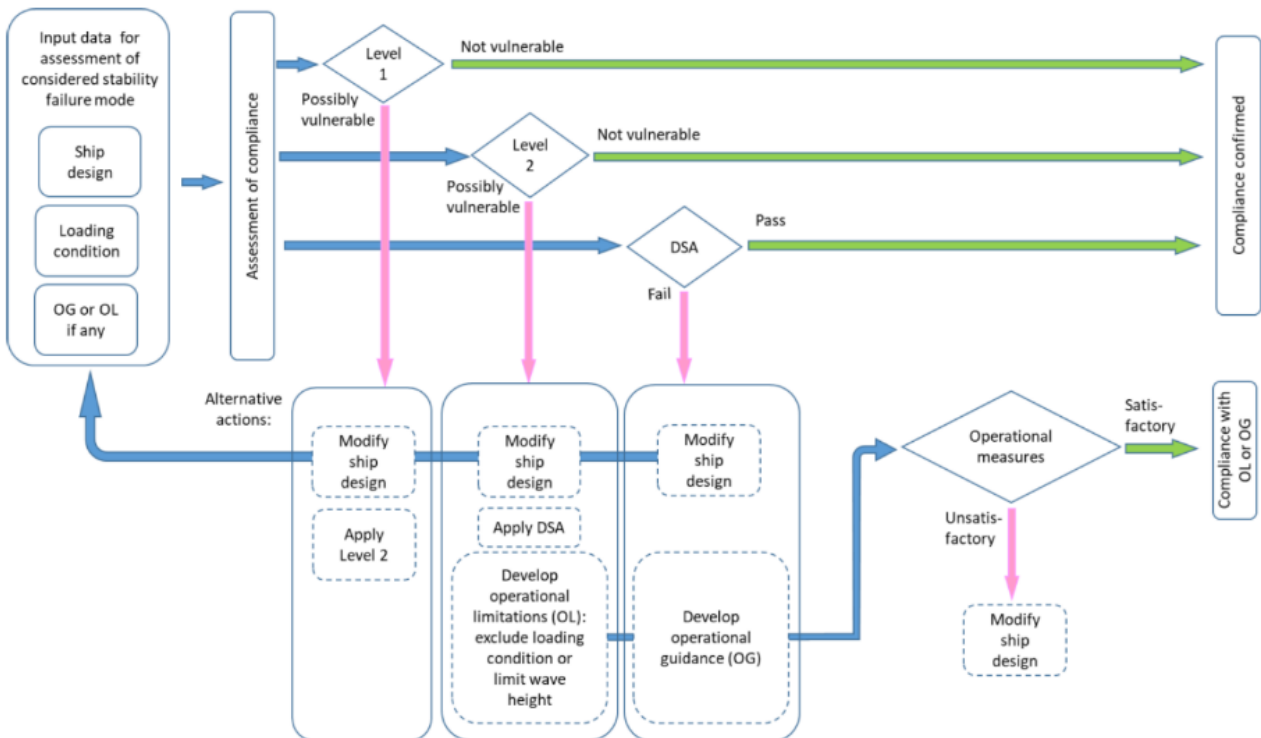
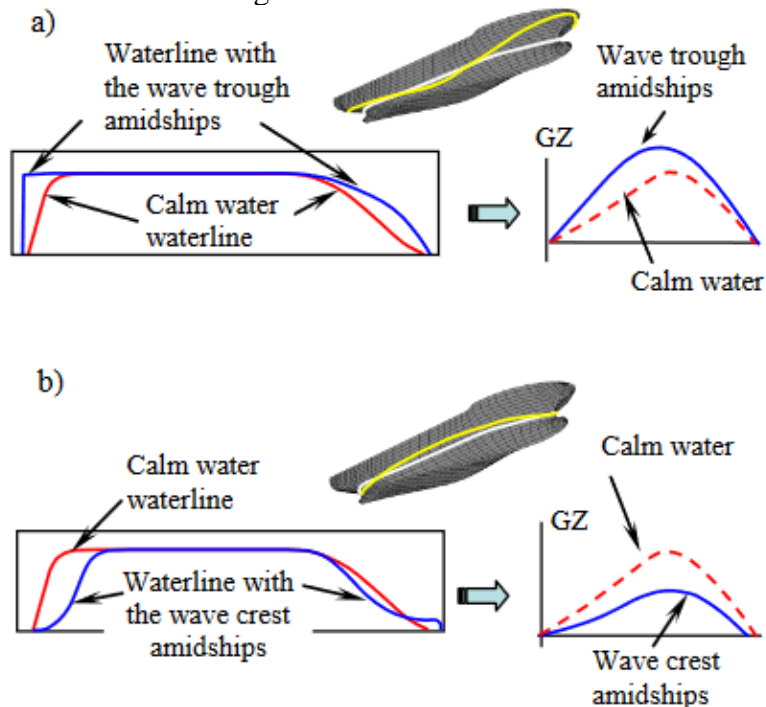


Figure 2. Final detailed structure of the criteria (SDC7/5, Part1, 2020)



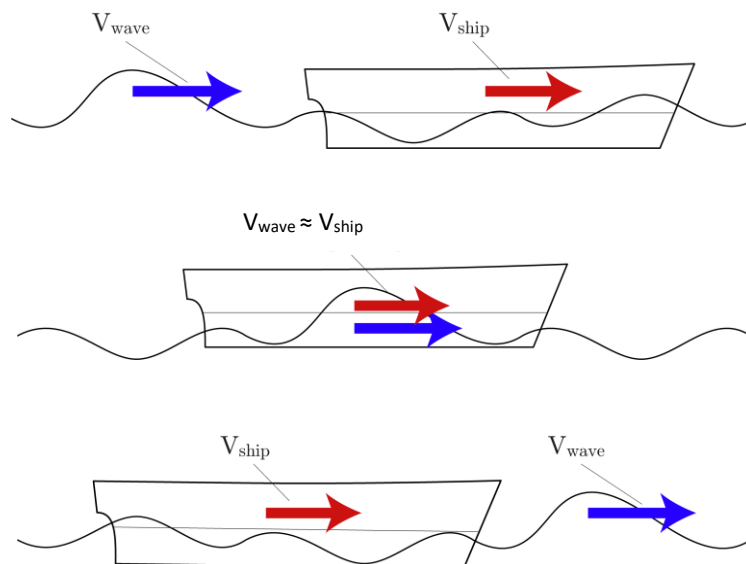
## Pure Loss of Stability Failure Mode

As outlined in the previous sections, all the stability failure modes are of paramount importance and need to be considered according to the criteria. Due to space limitation, only pure loss of stability failure mode is explained here as an example. Pure loss of stability may be defined as capsizing of a ship in the following seas. Pure loss of stability may further be explained as a hydrostatic phenomenon where initial metacentric height GM becomes negative due to loss of moment of inertia on the wave crest, Figure 3. It is even more critical when wave length is equal to ship length. Some researchers carried out experiments in order to examine change of stability in a seaway. It may even be predicted by hydrostatic calculations to some degree of confidence level.



**Figure 3.** Change of stability in waves; a) wave trough, b) wave crest (ABS 2004)

When the ship is following waves, it goes through various changes hydrostatically and hydrodynamically depending on the position of wave with respect to ship's length, Figure 4.



**Figure 4.** Following waves passing the ship (Petacco 2019)

## Level 1 Vulnerability Criteria

Considering the mechanics of the phenomenon, both Level 1 and Level 2 does not apply to ships for which the Froude number (Fn) corresponding to the service speed satisfies the following limit, Eqs. (1) and (2):

$$Fn < 0.24 \quad (1)$$

where,

$$Fn = \sqrt{\frac{V_s}{g \cdot L}} \quad (2)$$

$V_s$  : service speed (m/s)

$L$  : ship length (m)

$g$  : acceleration of gravity (m/s<sup>2</sup>)

The first level does not consider a ship vulnerable to pure loss of stability failure if, Eq. (3);

$$GM_{min} > R_{PLA} \quad (3)$$

where;

$GM_{min}$  : minimum metacentric height in waves (m)

$R_{PLA} = 0.05$

There are two different methods available to calculate the metacentric height variations in waves. The first one is more accurate which considers longitudinal wave directly while the second method is a simplified technique which may be used under certain assumptions.

## Level 2 Vulnerability Criteria

The second level requires two different checks. The first check questions the ship's vulnerability depending on the angle of vanishing stability whereas the second one considers the stable heel angle due to an external heeling lever. Both checks assume that the ship statically situated in longitudinal waves with particular height and length. According to the second level criterion, a ship is considered not vulnerable for pure loss of stability if, Eq. (4);

$$\max (CR1; CR2) \leq R_{PLO} \quad (4)$$

where;

$CR1$  : criterion of the first check

$CR2$  : criterion of the second check

$R_{PLO} = 0.06$

The value of the standard  $R_{PLO}$  has been determined statistically from major large heel accidents of Ro-Ro ships.

### **Criterion 1, CR1**

It is defined as follows, Eq. (5);

$$CR1 = \sum_{i=1}^N W_i \cdot C1_i \quad (5)$$

where;

$$\begin{aligned} C1_i &= 1 && \text{if } \varphi_{vmin} < R_{PL1} \\ C1_i &= 0 && \text{otherwise} \\ R_{PL1} &= 30 \text{ deg.} \end{aligned}$$

$\varphi_{vmin}$  : minimum angle of vanishing stability (deg),

$N$  : number of wave cases defined by the selected wave scatter diagram,

$W_i$  : weighting factor for the respective wave cases as specified by the selected wave scatter diagram

### **Criterion 2, CR2**

It is defined as follows, Eq. (6);

$$CR2 = \sum_{i=1}^N W_i \cdot C2_i \quad (6)$$

where;

$$\begin{aligned} C2_i &= 1 && \text{if } \varphi_{smax} > R_{PL2} \\ C2_i &= 0 && \text{otherwise} \\ R_{PL2} &= 15 \text{ deg.} && \text{for passenger ships} \\ &= 25 \text{ deg.} && \text{for other ships} \end{aligned}$$

$\varphi_{smax}$  : maximum heel angle of stable equilibrium (deg),

$N$  : number of wave cases defined by the selected wave scatter diagram,

$W_i$  : the weighting factor for the respective wave cases as specified by the selected wave scatter diagram

$$R_{PL3} = 8 \cdot \left(\frac{H_i}{\lambda}\right) \cdot d \cdot Fn \quad (7)$$

### **SHORTCOMINGS OF THE CRITERIA**

The criteria have just been finalized at IMO SDC7 meeting and assumed to be approved by the Maritime Safety Committee this year. It will then put into force to apply to ships in the sector to gain some experience. The main difference between these criteria and the existing one is its complexity. Especially, 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> levels require solution of complicated nonlinear equations which cannot be easily performed by simple tools without an appropriate software. Thus, companies will have to invest money to acquire such a software.

During the benchmark studies at IMO, researchers were faced with some inconsistencies between levels for some of the failure modes. Some people are concerned that in practical applications, these inconsistencies may surface in many ships. They argue that the most serious problem appears with inconsistency between Level 1 and Level 2 criteria. To this end, judging the ships that are not vulnerable for a particular failure mode may be found vulnerable in reality operating at sea based on the criteria and standards. Conversely, classifying a ship vulnerable in operation may be found to be

not vulnerable by the rule. This rises a speculation to what extent the new criteria and standards are in line with the reality.

Another shortcoming may be seen in application of the criteria to certain ship types. Certain ship types may have a hard time to pass some of the failure modes due to their specific form and/or loading conditions. For example, during the intersessional studies, it was realized that vulnerability for pure loss of stability was not expected based on known behavior of cruise vessels. However, three of the sample cruise vessels showed vulnerability for pure loss of stability.

Furthermore, 2<sup>nd</sup> generation intact stability criteria seem to focus on design of ships to prevent some of the difficulties a ship will encounter. There is a question remains at large how application of the criteria will affect ship operations where human element has a key role.

## **CONCLUSIONS**

Ship related accidents do occur all around the world like in other sector or industry. Apart from loses of lives and money, especially the result of tanker accidents may be more devastating for the environment. IMO is the only international organization regulating ship design, construction, stability, operation and all other aspects of shipbuilding and operations. In the maritime industry, most of the critical rules and regulations have been followed by major catastrophic accidents beginning from the Titanic disaster in 1912. They all aim at improving stability and safety of ships and eventually to prevent accidents which claim many lives and money. No one is of the opinion that preventing accidents once and for all is not feasible and nobody's goal. However, statistics confirm that continually emerged new and updated existing rules and regulations have a significant impact towards reducing the number and severity of accidents.

In this study, IMO's latest state-of-the-art 2<sup>nd</sup> generation intact stability criteria which took more than 15 years- one of the longest in IMO history- to develop due to its scope and complexity have been summarized from start to the end. The main objective was to find realistic explanations to stability related accidents where the existing rules are lacking to answer and eventually prevent these accidents. The strong sides and shortcomings of the criteria were discussed referring to the opinions of other experts in the field. It is too early to have a clear idea beforehand about the criteria since it is not officially adopted for use. However, it would not be an overestimate to preclude the superiority of the new criteria over the existing one despite the shortcomings considering the scientific background and rationale behind it. It is the author's belief that the shortcomings will have been overcome once the sector start applying it and gaining experience. Finally, all the related parties in the industry believe that these criteria will be effective in preventing most of the stability connected accidents.

## **REFERENCES**

- ABS Guide for the Assessment of Parametric Roll Resonance in the Design of Container Carriers 2004. ABS, USA.
- Bassler C, Belenky V, Bulian G, Francescutto A, Spyrou K and Umeda N 2009. A review of available methods for application to second level vulnerability criteria, Proceedings of the 10<sup>th</sup> International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles - STAB 2009, Saint Petersburg, pp. 111–128.
- Belenky VN, Bassler CC and Spyrou KJ 2011. Development of second generation intact stability criteria, Naval Surface Warfare Center Carderock Division, Hydromechanics Department Report, pp. 95 –107.
- IMO Res. A. 749 1993. Code of Intact Stability for all Ships Covered by IMO Instruments.
- IMO SLF 50/4/4 2007. Framework for the Development of New Generation Criteria for Intact Stability, submitted by Japan, the Netherlands and the United States, London, UK.

- IMO MSC78/24/1 2003. Revision of the Code on Intact Stability, Submitted by Germany.
- IMO SLF50/4/4 2007. Framework for the Development of New Generation Criteria for Intact Stability, submitted by Japan, the Netherlands and the USA, London, UK.
- IMO SLF51/4/1 2008. Report of the Intercessional Correspondence Group on Intact Stability, Submitted by Germany, London, UK.
- IMO SLF51/INF.4 2008. Development of Performance-Based Intact Stability Criteria, Submitted by the United States, London, UK.
- IMO SLF51/INF.6 2008. Research Outcomes for New Generation Intact Stability Criteria, Submitted by the Royal Institution of Naval Architects (RINA), London, UK.
- IMO SLF52/3/1 2009. Report of the Inter-sessional Correspondence Group on Intact Stability, Submitted by Japan, London, UK.
- IMO SLF53/3/1 2010. Report of the Intercessional Correspondence Group on Intact Stability, Submitted by Japan, London, UK.
- IMO SLF53/3/3 2010. Activities of the Dynamic Stability Task Group of the Society of Naval Architects and Marine Engineers, Submitted by the Royal Institution of Naval Architects (RINA), London, UK.
- IMO SLF52/WP.1 2010. Development of New Generation Intact Stability Criteria – Report of the Working Group (Part1), London, UK.
- IMO SLF53. WP4 2011. Development of Second Generation Intact Stability Criteria, Report of the working group (Part1), London, UK.
- IMO SLF55/3/7 2013. Development of Second Generation Intact Stability Criteria - Comments on Present Status of Development of Second Generation Intact Stability Criteria, Submitted by Italy, London, UK.
- IMO SDC7/5 2020. Finalization of second generation intact stability criteria, Report of the Correspondence Group (Part1), London, UK.
- IS Code 2008. International Code on Intact Stability. IMO, London, UK.
- Francescutto A 2004. Intact ship stability - The way ahead, Marine Technology, Vol. 41, pp. 31-37.
- Francescutto A 2007. Intact stability of ships: Recent developments and trends, Proc. 10<sup>th</sup> International Symposium on Practical Design of Ships and Other Floating Structures – PRADS'07, Houston, Vol. 1, pp. 487-496.
- Francescutto A and Umeda N 2010. Current status of new Generation Intact Stability Criteria Development, Proceedings 11<sup>th</sup> International Ship Stability Workshop, Wageningen, pp. 1-5.
- Nowacki H and Ferreiro LD 2003. Historical roots of the theory of hydrostatic stability of ships, Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Stability of Ships and Ocean Vehicles - STAB 2003, Madrid, Spain.
- Petacco N 2019. Second generation intact stability criteria: Analysis, implementation and applications to significant ship typologies, Ph.D. Thesis in Naval Architecture, Genoa, Italy.
- Peşman E and Taylan M 2011. Influence of Hull Form on Parametric Roll in Longitudinal Waves, 14<sup>th</sup> Congress of International Maritime Association of Mediterranean, IMAM 2011, Vol. 2, pp. 135-141, Genoa, Italy.
- Peşman E and Taylan M 2012. Influence of varying restoring moment curve on parametric roll motion of ships in regular longitudinal waves, Journal of Marine Science and Technology, Vol.17, No.4, pp.511-522.
- Peters W, Belenky V, Bassler C, Spyrou K, Umeda N, Bulian G and Altmayer B 2011. The second generation intact stability criteria: An overview of development, Transactions - Society of Naval Architects and Marine Engineers, 121, November.
- Rahola J 1939. The judging of the stability of ships and the determination of the minimum amount of stability especially considering the vessels navigating Finnish waters, Ph.D. Thesis, Technical University of Finland, Helsinki.

## Baklagillerden elde edilen nişastaların bazı fonksiyonel ve fizikokimyasal özelliklerinin incelenmesi

Sevcihan Boyacı\*, Safiye Nur Dirim

Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakülte, Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: sevcihanboyaci@gmail.com

### Özet

Günlük beslenmede önemli bir enerji kaynağı olan nişastanın arpa, buğday, pirinç, patates ve mısır gibi gıdalarda yüksek oranda bulunduğu bilinmekte ve genellikle bu gıdalardan nişasta üretiminde yararlanılmaktadır. Baklagiller de bitkisel protein kaynağı olmalarının yanı sıra önemli oranda karbonhidrat içermekte ve baklagillerin karbonhidrat kaynağı olarak önemli oranda nişasta içerdiğini gösteren çalışmalar da bulunmaktadır. Gıda endüstrisinin gelişmesiyle birlikte ticari nişasta için yeni kaynaklar ve yeni yöntemler geliştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu nedenle yeni nişasta kaynakları kullanılarak elde edilecek olan nişastanın tanımlanması gerekmektedir. Literatürde yer alan bazı çalışmalarda baklagil tanelerinden nişasta üretimi amaçlanmış ve bu nişastaların miktarı, verimi, granül şekli, şişme gücü ve jelatinasyon sıcaklıkları tahıl nişastaları veya elde edildikleri hammaddelere göre kendi aralarında karşılaştırılmıştır. Bu derlemede nişasta üretimi için baklagil nişastası hakkında literatürde yapılmış olan çalışmalar değerlendirilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde pek çok farklı baklagilden nişasta elde edilebildiği ve kullanılan yöntemler ve nişasta ile protein bağının farklı olmasının farklı nişasta verimlerine neden olduğu anlaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** nişasta, baklagiller, baklagil nişastası

### Investigation of some functional and physicochemical properties of starches obtained from legumes

#### Abstract

Starch, which is an important energy source in daily nutrition, is found in foods such as barley, wheat, rice, potatoes and corn in high amounts and these foods are commonly used in starch production. Legumes contain a significant amount of carbohydrates, as well as being a source of vegetable protein and there are also some studies showing that legumes contain a significant amount of starch as a source of carbohydrates. It is important to develop new sources and new methods for commercial starch with the development of the industrial production. Therefore, the starch to be obtained by using new starch sources should be defined. In the studies found in the literature, starch production was aimed from legumes and the amount, yield, granule shape, swelling power and gelatination temperatures of these starches were compared among themselves according to the grain starches or raw materials they obtained. In this review, the studies conducted in the literature on legume starch for starch production were evaluated. When the results were examined, it was seen that starch can be obtained from different legumes and methods used and the interaction between protein and starch cause different starch yields.

**Keywords:** starch, legumes, legume starch

#### Giriş

Nişasta tahıl taneleri ve otsu bitkilerin meyvelerinde bol miktarda bulunan temel bir besin maddesidir ve insanların günlük beslenmesinde ana enerji kaynağı olarak bilinmekte ve bunun yanında bir diyet lifi kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Günümüzdeki teknolojik gelişmeler sayesinde farklı kaynak ve yöntemler ile nişasta üretimi yapılmaktadır (Çelebier, 2016, Gani ve ark., 2012). Arpa, buğday,

pirinç, patates ve mısır gibi başlıca nişasta kaynaklarının yanı sıra baklagiller de bir nişasta kaynağıdır (Gani ve ark., 2012). Buğday (*Triticum aestivum* L.) %25.03, mısır (*Zea mays*) %31.3, pirinç (*Oryza sativa*) %87.7 ve patates (*Solanum tuberosum*) %23.65 kuru bazda nişasta içermektedir (Santana ve Meireles, 2014). Baklagiller %24 ile 68 arasında karbonhidrat içermektedir ve bu karbonhidratın kuru bazda %22-45'i nişastadır (Hoover ve Zhou, 2003).

Nişasta bitkilerde fotosentez sonucu elde edilen açık renkli, kokusuz ve tatsız bir üründür (Nargül, 2019). Bir polisakkarit olan nişasta, lineer yapıya sahip amiloz (suda çözünür) ve dallanmış yapıya sahip olan amilopektin (suda çözünmez) polimerlerinden oluşmaktadır. Bu yapı  $\alpha$ -D-glukoz birimlerinin polimerleşmesi ile meydana gelmektedir. Nişastanın elde edildiği kaynağa bağlı olarak amiloz ve amilopektin oranı farklılık gösterebilmektedir (Kahraman, 2011). Amiloz ve amilopektin moleküllerinin fizikokimyasal özellikleri Tablo 1' de verilmiştir. Su ve sıcaklığın etkisi ile nişastalarda yapısal değişimler meydana gelmektedir. Su ile nişastanın karıştırılması sonucu bir süspansiyon oluşur ve ısı ile granüller su absorblayarak şişer ve süspansiyon koyulaşır. Amiloz ve amilopektin sıcaklığın yükselmesi ile ayrılır ve amiloz granülden solüsyona geçer sonrasında soğutma işlemi ile amiloz molekülleri hidrojen bağları ile diğer amiloz ve amilopektine bağlanır. Tüm bu olaylar sonucunda jelleşme meydana gelmektedir. Bu yapı soğutulduğunda veya dondurulduğunda amiloz yapıları daha da yakınlaşır böylece retrogradasyon olayı meydana gelmekte ve su molekülleri serbest kalmaktadır (Ölçer ve Akın, 2008).

Tablo 1. Amiloz ve amilopektin moleküllerinin fizikokimyasal özellikleri (Nargül, 2019)

Özellik	Amiloz	Amilopektin
Molekül kütlesi	5000-200000	Birkaç milyon
Glikozidik bağ	(1,4)- $\alpha$ -D-	(1,4)- $\alpha$ -D-, (1,6)- $\alpha$ -D-
Retrogradasyon hassasiyeti	Yüksek	Düşük
Molekül şekli	Düz	Dallanmış
Granül yüzde ağırlığı	% 15-35	% 65-85
Zincir uzunluğu	3-1000	3-50

Nişastaların çözünürlük, şişme gücü, su emme kapasitesi, reolojik davranışları gibi fonksiyonel özellikleri ve fizikokimyasal (jelatinizasyon ve retrogradasyon) özellikleri endüstriyel kullanım alanlarının seçiminde yardımcı olmaktadır (Santana ve Meireles, 2014). Nişasta eczacılık, kozmetik, ambalaj gibi sektörlerin yanı sıra gıda sektöründe de kalınlaştırıcı ajan, bağlayıcı ajan, jelleştirici ajan ve yağ ikamesi olarak kullanılmaktadır (Li-Chan ve Lacroix, 2018, Santana ve Meireles, 2014). Keklerin pişme sırasında sıvı halden katı hale geçmesi, pudinglerin jelleşmesi ve yemek soslarının kıvamının oluşması nişastanın bir etkisidir (Köksel, 2005). Baklagil nişastasının yüksek amiloz içermesi retrogradasyona karşı yüksek bir eğilim göstermesini sağlamaktadır. Böylece baklagil nişastasının farklı gıda ürünlerinde jelleştirici ajan olarak kullanımı önem kazanmıştır (Jeong ve ark., 2018). Endüstriyel alanda nerede kullanılacağını nişastanın molekül yapısı ve biçimi, amilopektin-amiloz düzeyi, lipid, fosfat ve protein değeri göstermektedir (Nargül, 2019). Isıl işlemler sırasında nemin yeterli derecede bulunması halinde nişasta molekülündeki değişimler ile nişastanın su ve yağ tutma kapasitesinde değişimler olur ve böylece jelatinizasyon, retrogradasyon ve dekstrinizasyon olayları gerçekleşir (Okumuş, 2015).

Bu derlemede literatürdeki baklagil nişastasını hakkında yapılmış olan çalışmalar incelenerek elde edilen nişastaların nişasta verimi, granül şekli, şişme gücü ve jelatinizasyon sıcaklıkları hakkındaki bilgiler bir araya getirilmiştir. Ayrıca bu derleme çalışmasının bir özgün yönü uygulanan yöntemlerin detaylı

bir biçimde verilmesidir. Böylece baklagil nişastalarının izolasyonu ve özelliklerinin araştırılması konusunda çalışacak olan araştırmacılara yol gösterecektir.

### **Baklagiller**

*Leguminosae* familyasına ait olan baklagiller yaklaşık olarak 690 cins ve 17.600 türü olan bitki tohumlarıdır. Yenilebilir baklagillere örnek olarak soya fasulyesi, fasulye, maş fasulyesi, börülce ve barbunya verilebilir. Baklagil üretim miktarı yıllık olarak buğday, pirinç, mısır ve arpadan sonra gelmektedir (Du ve ark., 2014b).

Baklagiller önemli bir protein ve kompleks karbonhidrat kaynağı olmasının yanında mineral ve vitamin de içermektedir (Fabbri ve ark., 2016; Morales-Medina ve ark., 2014). Bu sayede baklagiller metabolik hastalıkların önlenmesi ve kontrol edilmesi için yararlı etkiler ortaya koymaktadır. Kuru baklagillerin tahıllardan temel farkı düşük glisemik indeksine sahip olması ve böylece kandaki şekerin yükselmesini yavaşlatabilmesidir. Baklagillerin bu özellikleri sağlıklı beslenme anlayışı ile tüketiminin artmasını sağlamıştır (Morales-Medina ve ark., 2014). Nişasta kullanılan ürünlerde düşük glisemik indeks oluşumu ile diyabet ve hiperlipidemi kontrolüne yardımcı olabilecek dirençli ve yavaş sindirilebilir nişastalar kullanılabilir. Yüksek amiloz içeriği baklagil nişastasının sindirilebilirliğinin düşmesini sağlamaktadır. Ayrıca dirençli ve yavaş sindirilebilir nişastalar minerallerin fazla emilmesini engellemeye ve kolon kanserini önlemeye yardımcı olmaktadır. Tüm bunlar endüstriyel kullanımda baklagil nişastasının önem kazanmasına ve bu nişastaların obezite, kalp hastalıkları ve kolon kanseri risklerini azaltmasını sağlayabilecek yüksek lifli ve düşük yağlı gıdalarda kullanımının artmasına sebep olmaktadır (Okumuş, 2015).

### **Baklagil Nişastasının Elde Edilmesi**

Baklagil nişastası elde etmek için kuru öğütme veya yaş öğütme işlemi gerçekleştirilmektedir. Kuru öğütme işleminde baklagil tanelerinin kabukları aşındırılarak ayrılır. Kabuğu çıkarılmış taneler elekten geçirildikten sonra çekiçli değirmende öğütülerek un haline getirilir. Havalı sınıflandırma (air classification) işlemi iki kez tekrarlanarak protein ve nişasta fraksiyonları ayrılır. Kuru öğütme işleminde nişasta granüllerini protein matrisinden ayırmak için çok yüksek bir partikül boyutu küçültme gerektirir. Yaş öğütme işleminde ise yine önce kabuk kısma ayrılmış kuru tohumlar 12 saat boyunca 30°C suda bekletilir ve blendır ile homojenize edilir. Vakum altında filtre edilerek 2 saat boyunca bekletilir. Sediment (alt faz, tortu) ve supernatant (üst faz) ayrılır. Alt fazın pH' sı 1N NaOH ile 9' a ayarlanır ve çökmesi için 12 saat bekletilir. Vakum altında polipropilen filtre bezi kullanılarak damıtılmış su ile filtre edilir. Elde edilen alt faz bekletilir tekrar alt ve üst faz oluşur. Elde edilen ikince alt fazın pH' sı 0.1 N HCl ile 7' ye ayarlanır. İşlem sonunda elde edilen tortu 30°C' de 24 saat kurutularak toz nişasta elde edilir. Yaş öğütme işlemi ile elde edilen nişastanın saflığı kuru öğütme ile elde edilen daha yüksektir. Yaş öğütme işleminde ekstraksiyon için kullanılan pH 8.5 ile 10 arasında değişmektedir (Hoover ve ark., 2010).

### **Nişastaların Tanımlanması İçin Kullanılan Özellikler**

Nişasta miktarı ve verimi: Nişasta miktarı ve saflığı bu amaçla geliştirilmiş toplam nişasta analiz kiti ile belirlenmektedir. Nişasta verimliliği (%) denklem 1 kullanılarak hesaplanabilmektedir (Li ve ark., 2019).

$$\% \text{ nişasta verimi} = \frac{100 \cdot A}{B \times C} \quad (1)$$

A: izole edilen nişastanın kuru ağırlığı

B: nişasta bakımından zengin unun başlangıç kuru ağırlığı

C: nişasta bakımından zengin unun nişasta içeriği kuru bazda

Granül morfolojisi: Baklagil nişastalarının granül morfolojilerini belirlemek için taramalı elektron mikroskobu (scanning electron microscope, SEM) kullanılmaktadır. Taramalı elektron mikroskobu,



alan emisyonlu tabancadan ortaya çıkan elektronların kullanımı numune yüzeyine gönderilmesi sonucu oluşan etkileşmelerden yararlanılması esasına dayanır. Bir taramalı elektron mikroskobunda görüntü oluşumu temel olarak; elektron demetinin numunenin yüzeyi ile yaptığı fiziksel etkileşmelerin sonucunda ortaya çıkan sinyallerin toplanması ve incelenmesi prensibine dayanır (Akçayöz ve ark., 2020).

**Şişme gücü (swelling power):** Şişme gücünü belirlemek amacıyla nişasta 80 ila 90°C arasındaki damıtılmış su ile manyetik bir karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra santrifüj işlemi gerçekleştirilip süpernatant dikkatlice çıkarılır ve şişmiş nişasta tortusu tartılır (Subramanian ve ark., 1994). Şişme gücü, denklem 2 kullanılarak hesaplanmaktadır (Gani ve ark., 2012).

$$\text{şişme gücü} = \frac{M_1}{M_0} \quad (2)$$

M<sub>0</sub>: nişasta örneklerinin başlangıç kuru ağırlığı (kg)

M<sub>1</sub>: şişmiş nişasta tortusu (kg)

**Nişastanın Jelatinizasyonu:** Jelatinizasyon, granülün geri dönüşümsüz olarak yapısına su alarak şişmesi ve kritik sıcaklıkta ısıtılması ya da oda sıcaklığında kimyasal ilavesi ile nişastanın sulu ortamda askıda kalması işlemidir (Ötleş ve ark., 2005). Nişasta örneklerinin jelatinizasyon parametreleri yani jelatinizasyon geçiş sıcaklıkları (T<sub>o</sub> (başlangıç), T<sub>p</sub> (orta nokta veya pik), T<sub>c</sub> (sonuç)) ve jelatinleşme entalpileri diferansiyel taramalı kalorimetre (differential scanning calorimeter, DSC) sayesinde belirlenmektedir (Hoover ve ark., 2010). Diferansiyel taramalı kalorimetre ile numune ısıtılırken, soğutulurken veya sabit bir sıcaklıkta tutulurken soğurulan veya salınan enerji miktarını ölçülmektedir. Bu yöntemde referans ile numuneden gelen veya uzaklaşan ısı farkı sıcaklığa veya zamana bağlı olarak belirlenmektedir (Dalmazzone ve ark., 2009)

## Yapılan Çalışmalar

Literatürde farklı baklagil cins ve türlerinden nişasta elde edilen çalışmalara bulunmaktadır. Bu çalışmalar ile elde edilen nişastaların bazı özellikleri belirlenmiştir. Belirlenen özellikler tahıl nişastaları ile veya kendi aralarında kıyaslama yapılarak araştırmacılar tarafından yorumlanmıştır. Baklagil nişastasının elde edilmesi için kuru veya yaş öğütme yöntemleri modifiye edilerek kullanılmıştır.

Ambigaipalan ve arkadaşları (2011) yapmış oldukları çalışmada bakla (faba bean, FB), kara fasulye (black bean, BB) ve pinto fasulyesinden (pinto bean, PB) izole edilen nişastaların yapısını ve bazı özellikleri incelenmiştir. Yaklaşık 450 g örnek, 50 °C'de 20 saat boyunca %0.01 sodyum metabisülfüt içeren 300 ml suda bekletilmiştir. Şişmiş taneler su ile durulanmış ve karıştırıcı ile homojen hale getirilmiştir. Homojenat üç kez 202 µ polipropilen elekten geçirilmiştir. Tortu, üç kez daha homojenleştirilmiş ve 70 µ polipropilen elekten geçirildikten sonra süzütünün 18 saat boyunca oda sıcaklığında tortulaştırılmıştır. Üst faz atılmıştır. Alt faz sodyum hidrokside süspansiyon edilerek 3 saat bekletilmiş ve üst faz uzaklaştırılmıştır. Bu işlem on kez tekrarlanmış ve elde edilen alt faz damıtılmış su içerisinde süspansiyon edilerek 70 µ polipropilen elekten geçirilmiştir. Elde edilen bu katı faz hidroklorik asit ile pH 7'ye nötralize edilmiş ve buchner hunisi ile süzülerek damıtılmış suyla filtre üzerinde iyice yıkanmıştır. Filtre keki, gece boyunca 40 °C'de kurutulmuş ve nişasta elde edilmiştir. Baklagil tanelerinden elde edilen nişastanın veriminin kuru bazda %27.4 ile %36.3 arasında, amiloz içeriğinin ise %25.85 ile %33.62 arasında değiştiği belirtilmiştir. Bakla, kara fasulye ve pinto fasulyesinden izole edilen nişastaların farklı büyüklükteki granül fraksiyonlarının dağılımını incelemiştir. Granül boyutları 8-15 µm, 16-30 µm, 31-60 µm ve >60 µm aralıklarında dağılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre granül boyut dağılımı sırasıyla FB~BB>PB, FB~PB>BB, BB~PB>FB şeklindedir. Taramalı elektron mikroskobu görüntüleri ile üç nişastanın hepsinin şeklinin ovalden

yuvarlağa düzensiz olduğu gösterilmiştir. Elde edilen nişastalara su eklenerek 60-90 °C'ye ısıtılmış ve şişme faktörü (swelling factor) belirlenmiştir. Şişme faktörü sıcaklık 60 ila 85 °C arasındayken FB>BB~PB, 90 °C'de iken BB~PB>FB şeklinde sıralanmıştır. BB ve PB nişastalarında, sıcaklık arttıkça şişme faktörü artmıştır. Bununla birlikte, FB nişastalarında 80 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda şişme faktörü azalmıştır. Şişme faktörünün amilopektin yapısı, amiloz zincirlerine bağlı lipitler, kristallik ve amilopektin içeriğinden etkilendiği gösterilmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre ile baklagil nişastalarının jelatinleşme geçiş sıcaklığı belirlenmiştir. Başlangıç, pik ve sonuç sıcaklığı sonuçları BB~PB>FB sonucunu vermiştir. DSC parametrelerinin, amiloz/amilopektin oranına karşılık gelen kristalin bölgenin moleküler mimarisinden etkilendiği gösterilmiştir. FB, BB ve PB nişastaları arasında amilopektin zincir uzunluğu dağılımı, amiloz/amilopektin oranı veya kristallik açısından anlamlı bir fark olmadığı belirtilmiştir.

Betancur ve arkadaşları (2001) yapmış oldukları çalışmada tropikal küçük lima fasulyesinden (*Phaseolus lunatus*, Baby Lima Bean) nişasta elde etmeyi ve bu nişastanın fizikokimyasal ve fonksiyonel özelliklerinin değerlendirerek diğer nişasta örnekleri ile karşılaştırmayı amaçlamışlardır. 10 kg tohum kullanılarak önce öğütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Hazırlanan küçük lima fasulyesi ununa 1:6 (a/h) oranında su ilave edilmiştir. 1N NaOH ile pH 11'e ayarlandıktan sonra 400 rpm'de 1 saat karıştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Lifli kısmı ayırmak için elekten geçirilmiş ve nişastanın çökmesi için 30 dakika bekletilmiştir. 10 dakika 4250 g santrifüj işlemi uygulandıktan sonra nişasta üç kez saf su ile yıkanmıştır. Son olarak konveksiyonel fırında 60 °C'de kurutulmuştur. Çalışma sonucunda küçük lima fasulyesi unu ile 10 kg hammaddeden 3.59 kg nişasta elde edilmiştir. Lima fasulyesinden elde edilen nişastanın kimyasal bileşimi: %98.43 nişasta, %10.16 nem, %0.20 protein, %0.67 lif, %0.14 kül, %0.54 yağ ve %0.013 fosfor olarak bulunmuştur. Amiloz içeriğinin yumru ve tahıl nişastasından daha yüksek olduğu (%32.7) ancak diğer baklagillerle aynı olduğu belirlenmiştir. Nişasta granüllerinin mikrofotografılama işlemi ile oval şekilli ve heterojen boyutlara sahip, minimum çapının 10 µm ve maksimum çapının ise 52 µm olduğu bulunmuştur. Molekül büyüklüğünün patates nişastasından küçük, mısır nişastasından da daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Suda çözünürlüğün ve şişme gücünün sıcaklık ile pozitif ilişkili olduğu ifade edilmiş ve mısır nişastasının 90 °C'de (16.1 g/g su) şişme gücünün, bebek lima fasulyesi nişastası (19.9 g/g su) için elde edilen nişastanınkinden daha küçük olduğu belirtilmiştir. Jelatinizasyon sıcaklığının 75 ile 87 °C arasında değiştiği bulunmuş ve bu sıcaklığın (80.16°C) mısır nişastasından daha yüksek fakat diğer baklagil nişastaları ile yakın değerlere sahip olduğu belirtilmiştir. Bebek lima fasulyesi nişastasının bu yüksek jelatinleşme sıcaklığı, tam jelatinleştirme elde etmek ve koyulaştırma etkisini sağlamak için, gıdanın termal işlenmesi sırasında diğer yaygın nişastalar için kullanılanlardan daha yüksek sıcaklıkların kullanılmasına izin verebileceği düşünülmüştür. Tüm sonuçlara bakarak elde edilen nişastanın ısıtma gerektiren pişmiş ve konserve ürünlerinin hazırlanmasında kullanılması önerilmiştir.

Du ve arkadaşlarının (2014a) yaptıkları çalışmada dört farklı fasulye türünden (kırmızı barbunya fasulyesi-red kidney bean, etiyoopya fasulyesi-navy bean, pinto fasulye-pinto bean ve siyah fasulye-black bean) elde edilen nişastaların bazı özellikleri belirlenmiştir. Fasulye türlerinden nişasta elde etmek amacıyla yaş öğütme işlemi kullanılmıştır. Fasulye taneleri 4 °C' de sulu sodyum bisülfid çözeltisine (%0.45) batırılarak gece boyunca bekletilmiştir. Bekletilen örnekler öğütülmüş ve naylon elekten (53 µm) geçirilerek su ile yıkanmıştır. Daha sonra tekrar öğütme işlemi yapılmış ve santrifüj işlemi uygulanmıştır. Bu işlem ile nişasta toplanmış ve %10 toluen içeren 0.1 M NaCl'lik sulu bir çözelti içerisinde süspanse edilip proteini uzaklaştırmak için yüksek hızda manyetik karıştırıcı kullanılarak bir saat boyunca karıştırılmıştır. Bu işlem toluen tabakası berraklaşana ve hiç protein içermeyene kadar tekrarlanmıştır. Saflaştırılmış nişasta üç kez su, iki kez %100 etanol ile yıkanmış ve 30 °C'de 48 saat kurutulmuştur. Amiloz içeriği, granül yapısı, büyüklüğü ve jelatinizasyon parametreleri belirlenerek mısır ve patates nişastası ile karşılaştırılmıştır. Fasulye nişastalarının amiloz içeriğinin %32.0 ile %45.4 arasında değiştiği, bu değer en düşük pinto fasulye nişastasında ve en yüksek kara fasulye nişastasında olduğu bulunmuştur. Böylece fasulye nişastaları için gözlenen amiloz içeriği, patates (%24.3) ve mısır nişastasının (%31.5) amiloz içeriğinden daha yüksek

olduğunu belirlemişlerdir. Elde edilen nişastalar taramalı elektron mikroskobu ile görüntülenmiş ve tüm fasulye nişastaları, mısır ve patates nişastası granüllerinden farklı olarak girintili yuvarlak ve oval tanecikli şekiller gösterdiği ve granüllerinin yüzeyinde herhangi bir çatlak olmadan pürüzsüz görüntü verdiğini saptanmıştır. Farklı botanik kökenli nişasta granülleri morfolojide farklılık göstermiş bunun nedeni biyolojik köken, amiloplastın biyokimyası ve bitkinin fizyolojisine bağlanmıştır. Farklı fasulye nişastalarının ortalama granül çaplarının 25.3 ila 27.4 µm arasında değiştiğini belirtilmiştir. Bu çalışmada nişastaların ortalama granül çapları: patates>kırmızı barbunya fasulyesi>etiyoopya fasulye>pinto fasulye>siyah fasulye>mısır şeklinde sıralanmış ve granül boyutunun, nişastanın izole edildiği biyolojik kaynak tarafından belirlendiğini söylenmiştir. Nişasta granüllerinin şekli ve büyüklüğünün bitki türleri ve olgunluğu ile değiştiği bildirilmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre ile jelatinizasyon parametreleri belirlendiğinde farklı fasulye türlerinin sonuçları arasında farklılık olduğu söylenmiştir. İzole edilen nişastaların  $T_o$ ,  $T_p$  ve  $T_c$  sıcaklıkları sırasıyla pinto fasulyesi için 67.6 °C, 73.6 °C, 79.7 °C; kırmızı barbunya fasulyesi için 65.7 °C, 72.8 °C, 80.2 °C; siyah fasulye için 64.4 °C, 72.0 °C, 79.0 °C, Etiyoopya fasulyesi için ise 63.8 °C, 71.7 °C ve 79.1 °C'dir. Bu sonuçların patates ve mısır nişastalarının sonuçlarından daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Daha yüksek jelatinleşme sıcaklığının kristalde daha uzun zincirlerin veya daha büyük bir kristal boyutunun bir göstergesi olduğu söylenmiştir.

Güzel ve Sayar'ın (2010) yapmış oldukları çalışmada borlotti fasulyesi (*Phaseolus vulgaris* L., Borlotti bean), nohut (*Cicer ariteninum* L., chickpea) ve beyaz barbunya fasulyesinden (*Phaseolus vulgaris* L., white kidney bean) izole edilen nişastaların bazı fizikokimyasal özellikleri belirlenmiştir. Baklagil tanelerinden (150 g) nişasta elde etmek için taneler 50°C'de 18 saat boyunca %0.01 sodyum metabisülfüt içeren 500 ml suya batırılmıştır. Islatılmış taneler damıtılmış su ile durulanmış ve 5 dakika boyunca karıştırıcı ile homojen hale getirilmiştir. Elde edilen karışım 100 µm'lik bir elekten geçirilmiş ve süzünü 3 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilmiştir. Elde edilen üst faz atılmış ve alt faz 250 ml 5 µM sodyum hidroksit çözeltisi içerisine süspanse edilmiştir. 1 saat sonra elde edilen süpernatant çıkarılmış ve tekrar 5 µM sodyum hidroksit çözeltisi içerisine süspanse edilmiştir. Alt faz su ile yıkanmış ve 100 µm'lik bir elekten geçirilip 0.1 M hidroklorik asit ile nötralize edilmiş ve 1500 g'de 10 dakika santrifüjlenmiştir. Alt faz, 40 °C'de kurutulmuş ve 100 µm'lik bir elekten geçmek üzere öğütülmüştür. Çalışma sonunda nişasta verimi 100 g kuru baklagil unu esas alındığında borlotti fasulyesinde %20.61, nohutta %21.68, beyaz barbunya fasulyesinde ise %27.84 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlar literatür ile yakın bulunurken, tahıllara göre daha düşük miktarda nişasta içerdiği söylenmiştir. Diferansiyel taramalı kalorimetre ile jelatinizasyon parametrelerini belirlenmiş ve elde edilen nişastaların başlangıç sıcaklığı, pik sıcaklığı ve sonuç sıcaklıkları sırasıyla borlotti fasulyesi için 66.4 °C, 73.0 °C, 80.6 °C; nohut için 60.7 °C, 67.3 °C, 72.8 °C ve beyaz barbunya fasulyesi için ise 66.2 °C, 74.1 °C ve 81.6 °C olarak bulunmuştur. Şişme gücü ise sırasıyla 8.2 g/g, 7.9 g/g ve 7.5 g/g olarak belirlenmiştir.

Li ve arkadaşlarının (2019) yapmış oldukları çalışmada nişasta bakımından zengin olan bakla, bezelye ve mercimek unlarından yüksek saflıkta nişasta elde etmiş ve ticari olarak kullanılabilirliği incelenmiştir. Baklagil unlarına saf su eklenerek 1 saat boyunca karıştırıldıktan sonra 20 dakika 7000 g santrifüj işlemi uygulanmıştır. Üst faz atılıp tortu 600 ml saf su ile süspanse haline getirilmiş ve 0.5 M HCl ile pH'sı 9.5'e ayarlanmıştır. Kalan proteini çözümdürmek için 1 saat manyetik karıştırıcı ile karıştırılmış ve süspansiyondan lifleri ayırmak için 60 µm açıklığa sahip naylon kumaştan süzölmüş ve süzünüden proteini ayırmak için filtre kâğıdı kullanılmıştır. Bu işlem 3 kez tekrarlandıktan sonra izole edilen nişasta 600 ml saf su eklenerek süspanسیون haline getirilmiş ve 0.5 M HCl ile nötralize edilmiştir. Whatman filtre kâğıdı ile süzölerek (3'er kez saf su ve susuz etanol ile yıkanmış) toplandıktan sonra 40 °C'de konveksiyon fırın ile kurutulmuştur. Çalışma sonunda bakla, bezelye, mercimek unlarından kuru bazda sırasıyla %65.3, %77.7 ve %72.0 nişasta elde edilmiştir. Kullanılan nişasta izolasyon yöntemi ile elde edilen nişastanın %94.8-97.9 saflıkta olduğu gösterilmiştir. Bezelye unundan daha düşük nişasta izolasyon veriminin, undaki nişasta ve protein arasındaki güçlü ilişkiden kaynaklanabileceği belirtilmiştir. Amiloz içeriği bakla nişastasında %39.9, bezelye

nişastasında %41.1 ve mercimek nişastasında %38.0 olarak bulunmuştur. Bakla, bezelye, mercimek unlarından elde edilen nişastanın miktarının ve amiloz içeriğinin mısırdan (%95.8, %31.2) daha düşük olduğu belirlenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu kullanılarak baklagil nişastalarının granüllerinin oval ve düzensiz şekillere sahip olduğu tespit edilmiştir. İzole edilmiş nişastanın jelatinizasyon parametreleri olan başlangıç sıcaklığı, pik sıcaklığı ve sonuç sıcaklığı sırasıyla bakla nişastası için 58.9 °C, 64.2 °C, 72.1 °C; bezelye nişastası için 58.0 °C, 63.5 °C, 77.7 °C; mercimek nişastası için ise 60.1 °C, 65.2 °C, 72.7 °C şeklinde bulunmuştur. Bu sonuçların mısır nişastasının jelatinizasyon parametrelerinden (66.0 °C, 70.1 °C, 84.0 °C) daha düşük olduğu belirlenmiştir. İzole edilmiş baklagil nişastasının amiloz içeriği ve amilopektin dal-zincir uzunluğu ticari bezelye nişastası ile aynı olduğu belirlenmiş ve bu nedenle elde edilen nişastaların granül morfolojisi, kristal yapısı, jelleşme kabiliyeti ve sindirilebilirlikleri açısından ticari bezelye nişastası ile karşılaştırılabilir olduğu ifade edilmiştir.

Ovando-Martínez ve arkadaşlarının (2011) iki farklı fasulye türü (Black 8025 ve Pinto Durango) ile yapmış oldukları çalışmada türün ve çevre koşullarının nişasta içeriğini nasıl etkilediği incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında nişasta elde edilmek amacıyla baklagiller un haline getirilmiştir. 200 g örnek alınarak 3 dakika boyunca 500 ml su ile karıştırılmıştır. Bulamaç 15 dakika 1500 g'de santrifüj edilmiştir. Üst faz boşaltıldıktan sonra geri kalan alt faz su ile karıştırılarak tekrar santrifüjlenmiştir. Aynı işlem bir kez daha tekrarlanmıştır. Sıvı faz ayrıldıktan sonra alt fazda kalan katı fazdan ana nişasta alınmış ve tekrar su ilave edilerek santrifüjlenmiştir. Elde edilen nişasta 40 °C'de hava ile kurutulduktan sonra öğütülmüş ve 125 µm'lik elekten geçirilmiştir. Toplam nişasta analiz kiti kullanılarak yüzde nişasta miktarı belirlenmiştir. Fasulye türlerinin kuru bazda toplam nişasta içeriğinin %88.56 ile %95.28 ve amiloz içeriğinin ise %23.20 ile 28.06 arasında değiştiği belirtilmiştir. Taramalı elektron mikroskobu sonuçları ile nişastaların tümünün yuvarlak, oval şekillere ve farklı granül boyutlarına sahip olduğu gösterilmiştir. İzole edilen nişastaların ortalama granül uzunluğu ve genişliği sırasıyla 2.61 ile 24.88 µm ve 17.87 ile 18.74 µm arasında değiştiği belirlenmiştir. Farklı sıcaklıklarda örneklerin şişme gücü (swelling volume) test edilmiş ve elde edilen nişastaların 50 ve 60 °C'de şişme gücünün düşük olduğu 70 °C'de ise sıcaklığın jelleştirme sıcaklığından daha yüksek olması nedeniyle şişme gücü değerlerinde bir artış gözlenmiştir. İki farklı bölgede yetişen türlerden elde edilen nişastanın jelatinleşme özellikleri belirlenmiştir. Genel olarak, Black 8025 fasulye nişastalarının, Pinto Durango fasulye nişastalarından daha yüksek geçiş sıcaklıklarına ( $T_0$ ,  $T_p$  ve  $T_c$ ) sahip olduğu bulunmuştur. Yağmurlu bölgede yetişen türden elde edilen nişastanın daha yüksek başlangıç sıcaklığına ve pik sıcaklığına sahip olduğu belirtilmiştir.

## Sonuç

Bu derleme de farklı baklagil cinsleri ve türlerinden nişasta elde edilmesi için yapılan bazı çalışmalar değerlendirilmiştir. Bu çalışmalarda, elde edilen nişastaların verimi, saflığı, granül morfolojisi, şişme gücü ve jelatinizasyon parametreleri incelenmiş ve sonuç olarak farklı nişasta verimlerinin bulunmasının nedeninin farklı yöntemler kullanılması veya nişastanın protein ile olan bağının baklagillere göre değişmesi olduğu belirtilmiştir. Bakla, bezelye ve mercimek unlarından elde edilen nişasta verimi Black 8025 ve Pinto Durango fasulye türlerinden daha düşük bulunmuştur. Fakat amiloz içeriği kıyaslandığında bakla, bezelye ve mercimeğin daha fazla amiloz içerdiği görülmektedir. Kırmızı barbunya fasulyesi, etiopya fasulyesi, pinto fasulyesi ve siyah fasulyelerinden elde edilen nişastaların amiloz içeriği bakla, bezelye ve mercimek unlarından elde edilen ile yakın bulunmuştur. Amiloz içeriğinin fizikokimyasal ve şişme gücü gibi fonksiyonel özellikleri üzerinde etkili olduğu düşünülmüştür. Fakat burada kıyaslamaların doğru bir şekilde yapılabilmesi için nişasta izolasyon yöntemlerinin aynı olması daha doğru olacaktır. Değerlendirilen tüm makalelerde taramalı elektron mikroskobu ile yapılan görüntülemelerde nişasta granüllerinin oval ve düzensiz şekillere sahip olduğu gösterilmiştir. Nişasta granüllerinin şekli ve büyüklüğünün bitki türleri ve olgunluğu ile değiştiği yorumu yapılmıştır. Granül büyüklüklerindeki farklılıklar granüller şişlik, amiloz liçing ve jelatinleşme geçiş sıcaklıkları üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu söylenmiştir. Şişme faktörünün amilopektin yapısı, amiloz zincirlerine bağlı lipitler, kristallik ve

amilopektin içeriğinden etkilendiği gösterilmiştir. Bu nedenle nişastanın kaynağına bağlı olarak şişme gücü değişmektedir. Bu özellik nişastaların kullanılabileceği alan hakkında yorum yapabilmemizi sağlamaktadır. Granüllerin şişmesi sonucu çözünürlükte artış gözlemlenmiştir. Isıl işlemler sırasında nemin yeterli derecede bulunması halinde nişasta molekülündeki değişimler ile nişastanın su ve yağ tutma kapasitesinde değişmekte ve böylece jelatinizasyon olayı gerçekleşmektedir. Bu olay göz önünde bulundurulduğunda jelatinizasyon sıcaklıklarının nişastanın kullanım alanları hakkında fikir vereceği düşünülmüştür. Sonuç olarak farklı baklagil türlerinden nişasta elde edilmesinin mümkün olduğu görülmüştür. Buna ek olarak belirlenen özelliklere göre farklı gıda uygulamaların kullanılabilirliği araştırılmalıdır. Ayrıca sürdürülebilir bir üretim için gıda endüstrisinde meydana gelen atıklardan veya yan ürünlerden nişasta üretimi yapılabilmesi için bu derleme çalışmasının bir referans olması beklenmektedir.

## Teşekkür

Bu derleme ‘Barbunya (*Phaseolus vulgaris* L.) ve bezelye (*Pisum sativum* L.) kabuklarından nişasta elde edilmesi ve elde edilen nişastanın kek üretiminde kullanılabilirliğinin incelenmesi’ adlı yüksek lisans tez çalışması için yapılan literatür araştırmaları sonucunda hazırlanmıştır. Bu tez çalışması Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası:21119

## Kaynaklar

- Akçayöz D, Köken K, Kunt G, Müldür İB, Saykal SG 2020. Elektron mikroskopun tıpta kullanım alanları. (05.03.2020)
- Ambigaipalan P, Hoover R, Donner E, Liu Q, Jaiswal S, Chibbar R, Nantanga K.K.M, Seetharaman K 2011. Structure of faba bean, black bean and pinto bean starches at different levels of granule organization and their physicochemical properties. *Food Research International*, 44(9), 2962-2974.
- Betancur DA, Ancona LAC, Guerrero RI, Camel Matos G, Ortiz D 2001. Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (*Phaseolus lunatus*) starch. *Starch-Stärke*, 53(5), 219-226.
- Çelebier İ 2016. Nişasta içeren atıklardan mikrobiyal amilazın elde edilmesi. Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Dalmazzone C, Noik C, Clause D 2009. Application of DSC for emulsified system characterization. *Oil & Gas Science and Technology-Revue de l'IFP*, 64(5), 543-555.
- Du SK, Jiang H, Ai Y, Jane JL 2014a. Physicochemical properties and digestibility of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) starches. *Carbohydrate polymers*, 108, 200-205.
- Du SK, Jiang H, Yu, X., Jane JL 2014b. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT-Food Science and Technology*, 55(1), 308-313.
- Fabbri AD, Schacht RW, Crosby GA 2016. Evaluation of resistant starch content of cooked black beans, pinto beans, and chickpeas, *NFS Journal*, 3, 8-12.
- Gani A, Bashir M, Wani SM, Masoodi FA 2012. Modification of bean starch by  $\gamma$ -irradiation: Effect on functional and morphological properties, *LWT-Food Science and Technology*, 49(1), 162-169.
- Güzel D, Sayar S 2010. Digestion profiles and some physicochemical properties of native and modified borlotti bean, chickpea and white kidney bean starches. *Food research international*, 43(8), 2132-2137.
- Hoover R, Hughes T, Chung HJ, Liu Q 2010. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. *Food Research International*, 43(2), 399-413. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.00>
- Hoover R, Zhou Y 2003. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by  $\alpha$ -amylase and resistant starch formation in legumes—a review. *Carbohydrate Polymers*, 54(4), 401-417.
- Jeong D, Han JA, Liu Q, Chung HJ 2018. Effect of processing, storage, and modification on in vitro starch digestion characteristics of food legumes: A review, *Food hydrocolloids*, 367-376.

- Kahraman K. 2011. Farklı nişasta kaynaklarından çapraz bağlı nişasta üretimi ve karakterizasyonu, Hacettepe Üniversitesi, Gıda Mühendisliği, Doktora Tezi
- Köksel H., 2005. Karbonhidratlar. Gıda Kimyası. Saldamlı, İ. (Ed.), Hacettepe Üniversitesi Yayınları, Ankara.
- Li L, Yuan TZ, Setia R., Raja RB, Zhang B, Ai Y 2019. Characteristics of pea, lentil and faba bean starches isolated from air-classified flours in comparison with commercial starches. *Food chemistry*, 276, 599-607.
- Li-Chan ECY, Lacroix IME 2018. Properties of proteins in food systems: an introduction. In *Proteins in food processing* (pp. 1-25). Woodhead Publishing.
- Morales-Medina R, del Mar Muñío M, Guadix EM, Guadix A 2014. Production of resistant starch by enzymatic debranching in legume flours. *Carbohydrate polymers*, 101, 1176-1183.
- Nargül MT 2019. Farklı nişasta kaynaklarından enzimle dirençli nişasta üretimi ve düşük glisemil indeksli fonksiyonel atıştırıcılık formülasyonların geliştirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı.
- Okumuş BN 2015. Kahverengi Mercimek Nişastasının Karakterizasyonu ve Lipidler ile Dirençli Nişasta Tip 5 Oluşturma Özelliklerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ovando-Martínez M, Bello-Pérez LA, Whitney K, Osorio-Díaz P, Simsek S 2011. Starch characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in different localities. *Carbohydrate polymers*, 85(1), 54-64.
- Ölçer H, Akın B 2008. Starch: Biosynthesis, Granule Structure and Genetic Modifications. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (016), 1-12.
- Ötleş S, Özdestan Ocak Ö, Nakilcioğlu Taş E, Kartal C, Özyurt H 2005, Gıda kimyası, Ege üniversitesi basımevi.
- Santana ÁL, Meireles MAA 2014. New starches are the trend for industry applications: a review. *Food and public health*, 4(5), 229-241.
- Subramanian V, Hosney RC, Bramel-Cox PJ 1994. Shear thinning properties of sorghum and corn starches. *Cereal Chemistry*, 71(3), 272-275.

## Investigation of mechanical properties of hydrothermal carbon reinforced polymer matrix composites

Yasin Akgul (<https://orcid.org/0000-0001-5643-5968>)

Karabuk University, Engineering Faculty, Metallurgical and Materials Engineering Department, Karabuk, Turkey.

Corresponding author e-mail: yasinakgul88@karabuk.edu.tr

### Abstract

Hydrothermal carbons (HTC) are produced with environmentally friendly approaches compared to other carbonaceous reinforcements such as carbon nanotube or graphene. It has a wide application area such as batteries, magnetic materials, supercapacitors, adsorbent materials, etc. However, there is no study on use of HTC as a reinforcement material in polymer matrix composites. In this study, polyethylene containing 1.5% HTC composites were fabricated via an injection molding process. For mechanical properties characterization, tensile test and Charpy impact tests were conducted. Results show that the addition of HTC led to the enhancement of mechanical properties of polyethylene. Therefore, it can be said that HTC will be promising reinforcement material for polymer matrix composites.

**Keywords:** Hydrothermal carbons, polyethylene, mechanical properties, composite

### INTRODUCTION

Polyethylene is one of the most common thermoplastics due to its low density, good processability and low cost. However, poor mechanical properties of polyethylene limit its usage (Mahfuz et al. 2005). Self-reinforcement, increasing the degree of crystallinity, cross-linking and incorporation of various fillers or fibers into the matrix are several methods to improve the mechanical properties of polyethylene (Galetz et al. 2007).

In recent years, carbonaceous reinforcements such as multiwall carbon nanotube (MWCNT), graphene nanoplatelets (GNP), and fullerene (C60) have become popular due to their unique mechanical properties. Tang et al. (Tang, Santare, and Advani 2003) increased the tensile strength of high-density polyethylene (HDPE) by 5.4%, 8.61% and 12.92% with the addition of 1%, 3% and 5% MWCNT, respectively. In another study, Bourque et al. (Bourque et al. 2016) produced HDPE/GNP composites containing 0.1% to 15% graphene nanoplatelets. It was observed that the tensile strength increased with the increase of graphene content. Calleja et al. (Calleja et al. 1996) investigated the mechanical properties of PE/C60 composites. Results show that microhardness of polyethylene was enhanced with the addition of fullerene.

Hydrothermal carbon has a low cost compared to mentioned carbonaceous reinforcements. Also, various biomasses (from all kinds of natural products to waste biomasses) can be used for HTC production. In addition to these advantages, it has a wide range of application areas such as adsorbent materials, batteries, supercapacitors, magnetic materials, and reinforcement materials in metal matrix composites (Simsir, Akgul, and Erden 2020; Titirici et al. 2012).

In this study, the effect of HTC on the mechanical properties of polyethylene was investigated. For this purpose, polyethylene containing 1.5% HTC composites were produced. Mechanical properties of composite and neat polyethylene were observed.

### MATERIALS AND METHODS

For polymer matrix material, Medium Density Polyethylene powders (Total, Lumicene mPE M 3427) with 3.1 MFI and 123 °C melting temperature were used. 1 gr of chitosan was dissolved in 20 ml distilled water. This suspension was poured in Teflon lined autoclave. The autoclave was put into a furnace at 225 °C for 16 hours. After the carbonization, obtained solid-liquid mixing was filtered. Then, the solid product was dried in a furnace at 105 °C for 1 hour. SEM image of the obtained HTC was shown in Figure 1.

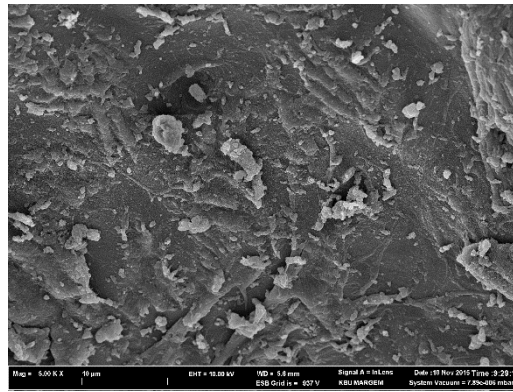


Figure 1. SEM images of produced HTC.

Composite production has been applied with two steps: 1- mixing of powders and 2- plastic injection molding. For the mixing of powders, turbula mixing was performed for 2 hours. Mixed powders were fed to an injection molding device. The temperature profile was set 235°C, 245°C, 265°C from hopper to die. Samples were produced in the shape of a dog bone.

The tensile test was conducted using a Shimadzu tensile testing machine at room temperature. The test speed was adjusted at 5 mm/min. Charpy impact test was applied to unnotched samples using a Zwick/Roell RKP 450 device. Zeiss Ultra plus Scanning Electron Microscope was used to investigate the microstructure of samples after gold coating.

## RESULTS and DISCUSSION

Stress-strain curves of neat PE and PE-1.5HTC were presented in Figure 1. The tensile strength of neat PE was increased from  $12.8 \pm 1.6$  MPa to  $13.2 \pm 1.9$  MPa with the addition of HTC. This can be attributed that HTC can restrict to polymer chain movements (Akgul et al. 2019). Also, it can be said that there is no negative effect of HTC on the elongation of neat PE. No rupture was observed during the test for both samples. Bourque et al. (Bourque et al. 2016) observed similar findings. It was reported that the percentage of elongation did not decrease despite the increase in tensile strength with GNP addition due to the homogeneous distribution of GNP in the PE matrix.

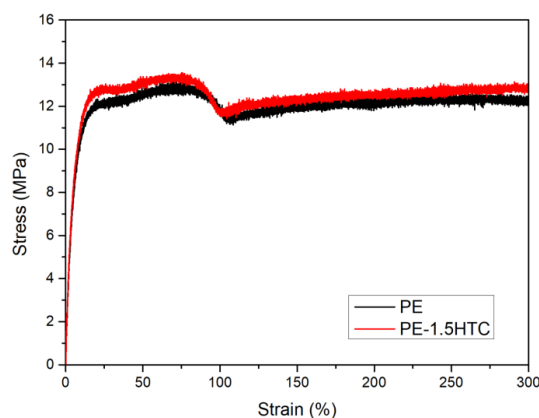
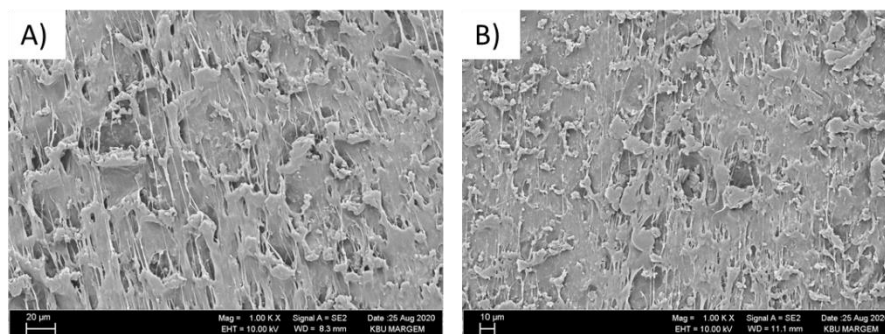


Figure 1. Stress-strain curves of PE and PE-1.5HTC samples.

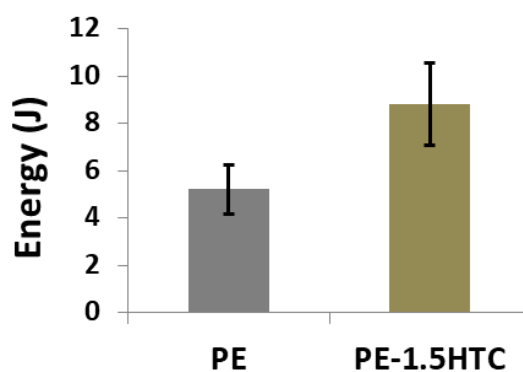
The microstructure of the samples was presented in Figure 2. No agglomeration of HTC was detected in SEM images. In this case, it can be said that there is a homogeneous distribution for HTC in the PE matrix. This is because HTC was added to PE at a low amount.





**Figure 2.** SEM images of microstructure of A) PE, B) PE-1.5HTC.

Impact strength (energy absorption value during the impact test) of samples was shown in Figure 3. It is seen that HTC reinforcement has a positive effect on impact strength due to the homogeneous distribution of HTC. Also, Hsieh (Hsieh, Pan, and Lin 2017) reported that breaking work can consume the most energy, so the impact strength of PP/HDPE/CF composite was increased with carbon fiber addition.



**Figure 3.** Impact strength of samples.

## CONCLUSION

In this study, PE/HTC composites were fabricated via injection molding. The effect of HTC on the mechanical properties of PE was investigated. Findings were summarized as below:

Turbula mixing was sufficient to homogeneously distribute HTC in the PE matrix.

While HTC reinforcement provided a slight increase in tensile strength, there was no negative effect on elongation.

Impact resistance has also increased with HTC reinforcement.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The author thanks the Karabük Iron and Steel Institute for their contribution to the mechanical tests. Furthermore, the author expresses gratitude to Dr. Hamza Şimşir for his support of HTC production.

## REFERENCES

- Akgul, Yasin et al. 2019. "Influence of Carbon Fiber Content on Bio-Tribological Performances of High-Density Polyethylene." *Materials Research Express* 6(12): 125307.
- Bourque, Alexander J., C. Rebecca Locker, Andy H. Tsou, and Madhavi Vadlamudi. 2016. "Nucleation and Mechanical Enhancements in Polyethylene-Graphene Nanoplate Composites." *Polymer* 99: 263–272.
- Calleja, FJ Balta et al. 1996. "Structure and Mechanical Properties of Polyethylene-Fullerene Composites." *Journal of materials science* 31(19): 5153–5157.
- Galetz, M. C. et al. 2007. "Carbon Nanofibre-Reinforced Ultrahigh Molecular Weight Polyethylene for Tribological Applications." *Journal of Applied Polymer Science* 104(6): 4173–4181.

- Hsieh, Chien-Teng, Yi-Jun Pan, and Jia-Horng Lin. 2017. "Polypropylene/High-Density Polyethylene/Carbon Fiber Composites: Manufacturing Techniques, Mechanical Properties, and Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness." *Fibers and Polymers* 18(1): 155–161.
- Mahfuz, Hassan, Ashfaq Adnan, Vijaya K. Rangari, and Shaik Jeelani. 2005. "Manufacturing and Characterization of Carbon Nanotube/Polyethylene Composites." *International Journal of Nanoscience* 4(01): 55–72.
- Simsir, Hamza, Yasin Akgul, and Mehmet Akif Erden. 2020. "Hydrothermal Carbon Effect on Iron Matrix Composites Produced by Powder Metallurgy." *Materials Chemistry and Physics* 242: 122557.
- Tang, Wenzhong, Michael H. Santare, and Suresh G. Advani. 2003. "Melt Processing and Mechanical Property Characterization of Multi-Walled Carbon Nanotube/High Density Polyethylene (MWNT/HDPE) Composite Films." *Carbon* 41(14): 2779–2785.
- Titirici, Maria-Magdalena, Robin J. White, Camillo Falco, and Marta Sevilla. 2012. "Black Perspectives for a Green Future: Hydrothermal Carbons for Environment Protection and Energy Storage." *Energy & Environmental Science* 5(5): 6796–6822.

## Biological Potentials of *Helvella* Species

Celal Bal (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6856-3254>)

Gaziantep University, Oguzeli Vocational School, Gaziantep, Turkey

Corresponding author e-mail: bal@gantep.edu.tr

### Abstract

Due to the increase in diseases in recent years, it has revealed the need for natural resources. In addition to medicinal plants, its medicinal properties have been discovered in recent years in mushrooms. With the discovery of the medicinal properties of mushrooms, their natural antioxidant properties have become more prominent. Synthetic antioxidants can effectively improve defence mechanisms, but natural compounds are preferred because of their adverse toxic effects under certain conditions. For this reason, interest in natural, alternative antioxidant food sources identified in edible mushrooms has increased rapidly. The chemical composition and antioxidant potential of mushrooms have been extensively studied. Edible mushrooms can be used directly in strengthening antioxidant defences through dietary supplementation to reduce the level of oxidative stress. In this review, literature studies of *Helvella* species are given. It has been proven by researches that *Helvella* species, which are a natural source of antioxidants, have medicinal value due to their antioxidant properties.

**Keywords:** Mushroom, Biological activity, *Helvella* spp., Antioxidant, Medicinal mushroom.

### INTRODUCTION

In recent studies, one of the main factors in using our natural resources is to prevent or treat various diseases. Natural resources play an important role in the treatment of these diseases (Sevindik et al., 2017; Sevindik et al., 2018a). In addition to naturally consumed herbal foods, the need for mushrooms, which are low choleries and diet products, has gradually increased, and for this reason, researchers have started to discover the natural components of mushrooms (Sevindik et al., 2018b). Mushrooms, which have been consumed as food since the old ages, have been used as a therapeutic medicine for centuries in Far-Eastern countries, as well as in traditional therapies (Sevindik, 2019b; Sevindik, 2020). *Helvella* species have saddle-shaped, lobed, cup-like or plainly irregular heads. *Helvella* species grow on the ground or on decaying trees. Most of the species bear fruit in summer and autumn, but a few can be found in warm coastal areas in winter and spring. Among the most known and studied species are *H. crispa*, *H. elastica*, *H. lacunosa*, *H. leucomelaena*, *H. leucopus* and *H. queletii* mushrooms. *H. lacunosa*, both body and cap are in lead gray tones. This species prefers rich soils and burnt soils (Skrede et al., 2017). For this reason, it does not stand out as a background at all and can therefore be easily overlooked. *H. crispa* mushroom has creamy white colors and a fancy body. This mycorrhizal fungus is observed on conifer trees or in degraded tree stumps. *H. elastica* fungus is mycorrhizal and prefers sunny or semi-shade places in moist soils. It is frequently observed in forest areas. The upper surfaces are tan to brown, while the lower surfaces are whitish, pale brown. It is characterized by the white color of the body of *H. leucomelaena*, one of the edible mushrooms. Although it is rare in North America, it is common in California, Alaska and the Rocky Mountains. Its records have also been found in South America and Europe. It is known that it grows in different localities in our country (Inci et al., 2019).

### Medicinal Properties

Mushrooms are rich in essential amino acids, carbohydrates, fibers, important vitamins and minerals. In addition, mushrooms have medicinal properties such as antimicrobial, antioxidant, hepatoprotective, antidiabetic, immune system regulating, antitumor, cholesterol lowering effect (Akgül et al., 2016; Akgül et al., 2017; Sevindik, 2018b; Sevindik, 2019b; Sevindik et al., 2020). According to researches, it is known that fungi contain chemicals that have an important biological effect. As a result of studies on *Helvella* species, it has been reported that it contains important phenolic compounds. As a result of literature studies, the biological activities of *Helvella* species such as anticholinesterase activities, antioxidant activity, antimicrobial activity, cytotoxic activity, antimycotic activity, enzyme inhibitory activities, pancreatic lipase inhibitory activity, anticancer activity were reported (Table 1).

**Table 1.** Biological activities of *Helvella* species

<i>Helvella</i> species	Biological Activity	References
<i>H. crispa</i>	Antioxidant	Sanchez, 2017; Sajon et al., 2018
<i>H. elastica</i>	Antioxidant	Mısırlı et al., 2019
<i>H. lacunosa</i>	Antioxidant	Keller et al., 2002; Leal et al., 2013
<i>H. leucomelaena</i>	Antioxidant, Antimicrobial	Demirhan et al., 2007; Sevindik et al., 2018c; Inci et al., 2019
<i>H. leucopus</i>	Anticholinesterase, Antioxidant, Antimicrobial, Cytotoxic, Antimycotic, Enzyme inhibitory, Pancreatic lipase inhibitory, Anticancer	Dundar et al., 2015; Seedeve et al., 2019; Sevindik and Akata, 2019; Acar et al., 2020; Talie et al., 2020
<i>H. queletii</i>	Anticholinesterase, Antioxidant, Antimicrobial, Cytotoxic	Dundar et al., 2015
<i>Helvella</i> sp.	Enzymatic	Thakur et al., 2017

## CONCLUSION

It has been observed that members of the *Helvella* genus show rich antioxidant activity and are medically important in terms of enzymatic activity, antimicrobial activity, cytotoxic activity and anticancer activity. In this context, it has been determined that the members of the *Helvella* genus have biological potential and can be used in pharmacological studies.

## REFERENCES

- Acar İ, Blando F, Gul B, Greco A, Mukemre M, Uzun Y, Dalar A. 2020. The phenolic profile and biological activities of the wild-edible mushrooms *Helvella leucopus* and *Morchella pulchella*. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 1-12.
- Akgül H, Sevindik M, Akata I, Altuntaş D, Bal C, Doğan M. 2016. *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer. Mantarının Ağır Metal İçeriklerinin ve Oksidatif Stres Durumunun Belirlenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(3): 504-508.
- Akgul H, Sevindik M, Coban C, Alli H, Selamoğlu Z. 2017. New approaches in traditional and complementary alternative medicine practices: *Auricularia auricula* and *Trametes versicolor*. *J Tradit Med Clin Natur*, 6(2): 239.
- Alves MJ, Ferreira IC, Froufe HJ, Abreu RMV, Martins A, Pintado M. 2013. Antimicrobial activity of phenolic compounds identified in wild mushrooms, SAR analysis and docking studies. *Journal of applied microbiology*, 115(2): 346-357.
- Demirhan A, Yeşil ÖF, Yıldız A, Gül K. 2007. Bazı makrofungus türlerinin antimikrobiyal aktiviteleri üzerine bir araştırma. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(4): 425-433.
- Dundar A, Okumus V, Ozdemir S, Celik KS, Boga M, Ozcagli E, Yıldız A. 2015. Antioxidant, antimicrobial, cytotoxic and anticholinesterase activities of seven mushroom species with their phenolic acid composition. *Journal of Horticulture*, 1-6.
- İnci Ş, Kadioğlu Dalkılıç L, Dalkılıç S, Kırbağ S. 2019. *Helvella leucomelaena* (Pers.) Nannf.'ın antimikrobiyal ve antioksidan Etkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2):249-253.
- Keller C, Maillard M, Keller J, Hostettmann K. 2002. Screening of European fungi for antibacterial, antifungal, larvicidal, molluscicidal, antioxidant and free-radical scavenging activities and subsequent isolation of bioactive compounds. *Pharmaceutical biology*, 40(7): 518-525.
- Leal AR, Barros L, Barreira JC, Sousa MJ, Martins A, Santos-Buelga C, Ferreira IC. 2013. Portuguese wild mushrooms at the “pharma–nutrition” interface: Nutritional characterization and antioxidant properties. *Food Research International*, 50(1): 1-9.
- Leal AR, Barros L, Barreira JC, Sousa MJ, Martins A, Santos-Buelga C, Ferreira IC. 2013. Portuguese wild mushrooms at the “pharma–nutrition” interface: Nutritional characterization and antioxidant properties. *Food Research International*, 50(1): 1-9.

- Misirli D, Elmastaş M, Türkekel İ. 2019. Determination of Antioxidant Activities of Some Wild Mushrooms Species in Tokat Region. *Bütünleyici ve Anadolu Tıbbi Dergisi*, 1(1): 21-28.
- Puttaraju NG, Venkateshaiah SU, Dharmesh SM, Urs SMN, Somasundaram R. 2006. Antioxidant activity of indigenous edible mushrooms. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(26): 9764-9772.
- Sajon SR, Sana S, Rana S, Rahman SM, Nishi ZM. 2018. Mushrooms: Natural factory of anti-oxidant, anti-inflammatory, analgesic and nutrition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1): 464-475.
- Sánchez C. 2017. Reactive oxygen species and antioxidant properties from mushrooms. *Synthetic and systems biotechnology*, 2(1): 13-22.
- Seedeve P, Ganesan AR, Mohan K, Raguraman V, Sivakumar M, Sivasankar P, Shanmugam A. 2019. Chemical structure and biological properties of a polysaccharide isolated from *Pleurotus sajor-caju*. *RSC advances*, 9(35): 20472-20482.
- Sevindik M, Akata I. 2019. Antioxidant, oxidant potentials and element content of edible wild mushroom *Helvella leucopus*. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 10(4): 266-271.
- Sevindik M, Akgul H, Akata I, Selamoglu Z. 2017. *Gastrum pectinatum* as an alternative antioxidant source with some biochemical analysis. *Medical Mycology: Open Access*, 3(2): 1-4.
- Sevindik M, Akgul H, Bal C, Selamoglu Z. 2018a. Phenolic contents, oxidant/antioxidant potential and heavy metal levels in *Cyclocybe cylindracea*. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 52(3): 437-441.
- Sevindik M, Akgul H, Dogan M, Akata I, Selamoglu Z. 2018b. Determination of antioxidant, antimicrobial, DNA protective activity and heavy metals content of *Laetiporus sulphureus*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3): 1946-1952.
- Sevindik M, Akgul H, Korkmaz AI, Sen I. 2018c. Antioxidant Potentials of *Helvella leucomelaena* and *Sarcosphaera coronaria*. *J Bacteriol Mycol Open Access*, 6(2): 00173.
- Sevindik M, Akgul H, Selamoglu Z, Braidy N. 2020. Antioxidant and Antigenotoxic Potential of *Infundibulicybe geotropa* Mushroom Collected from Northwestern Turkey. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5620484>
- Sevindik M. 2018a. Investigation of antioxidant/oxidant status and antimicrobial activities of *Lentinus tigrinus*. *Advances in pharmacological sciences*, 2018.
- Sevindik M. 2018b. Investigation of Oxidant and Antioxidant Status of Edible Mushroom *Clavariadelphus truncatus*. *Mantar Dergisi*, 9(2): 165-168.
- Sevindik M. 2019a. The novel biological tests on various extracts of *Cerioporus varius*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(5): 3713-3717.
- Sevindik M. 2019b. Wild Edible Mushroom *Cantharellus cibarius* as a Natural Antioxidant Food. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9): 1377-1381.
- Sevindik M. 2020. Antioxidant and antimicrobial capacity of *Lactifluus rugatus* and its antiproliferative activity on A549 cells. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 19(2): 423-427.
- Skrede I, Carlsen T, Schumacher T. 2017. A synopsis of the saddle fungi (Helvella: Ascomycota) in Europe—species delimitation, taxonomy and typification. *Persoonia: Molecular Phylogeny and Evolution of Fungi*, 39: 201.
- Talie MD, Wani AH, Ahmad N, Bhat MY, War JM. 2020. Green Synthesis of Silver Nanoparticles (AgNps) Using *Helvella leucopus* Pers. and Their Antimycotic Activity Against Fungi Causing Fungal Rot of Apple. *Asian J Pharm Clin Res*, 13(4): 161-165.

## A review of biological activities of medicinal mushroom *Ganoderma* species

Celal Bal (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6856-3254>)

Gaziantep University, Oguzeli Vocational School, Gaziantep, Turkey

Corresponding author e-mail: bal@gantep.edu.tr

### Abstract

In developed countries, diet plays an important role in diseases such as obesity, heart diseases, stroke, diabetes, and some types of cancer. As a result of factors such as unhealthy diet, consumption of ready-made food and not dieting, human health deteriorates and various diseases occur. For this reason, mushrooms have an important place in our daily life. It is preferred as a diet product in terms of low calories. On the other hand, medicinal mushrooms have a rich content of selenium mineral, which is also accepted as an antioxidant that protects against cancer and strengthens immunity. In this study, the medically important *Ganoderma* species was investigated. Studies on *Ganoderma* species have been included in the literature study. As a result, it is accepted as the natural antioxidant source of *Ganoderma* species and has medical importance in terms of its phenolic content.

**Keywords:** Mushroom, Biological activity, *Ganoderma* species, Medicinal mushroom.

### INTRODUCTION

For centuries, many mushrooms have been recognized for their miracle therapeutic properties and general health-promoting benefits (Ferreira et al., 2010; Sevindik et al., 2017; Sevindik et al., 2018a). Various types of mushrooms, mainly in Asian countries, are grown in the wild and are used as nutraceuticals, although much of the evidence for their benefits is anecdotal or derived from animal model experiments. However, there is evidence of the potential benefit of using various fungal extracts based on antioxidant, antibacterial, anti-inflammatory, anti-viral, antiatherosclerotic, anti-diabetic and anti-cancer activity (Wasser, 2011; De Silva et al., 2012; Bishop et al., 2015; Sevindik, 2019b; Sevindik, 2020).

In the historical process, many medicinal substances of herbal origin have been defined and synthesized with today's technology (Sevindik et al., 2018b). Today, natural ingredients obtained from mushrooms have been added to these ingredients, which are of herbal origin. Interest in these natural ingredients obtained from mushrooms is increasing day by day. In line with this information, studies on mushrooms have increased gradually (Bishop et al., 2015; Akgül et al., 2016; Akgül et al., 2017; Sevindik, 2018b; Sevindik, 2019b; Sevindik et al., 2020).

### Medicinal Properties

The dried powder of the *Ganoderma* genus member is now used as dietary supplements worldwide. Stanley et al. (2005) showed that *G. lucidum* induces apoptosis, inhibits cell proliferation and suppresses cell migration of highly invasive human prostate cancer cells PC-3. However, the molecular mechanism responsible for the inhibitory effects has not been fully elucidated. Hajjaj et al. (2005) *G. lucidum* is a medicinal mushroom belonging to the Polyporaceae family and is called Reishi in Japan. Lin et al. (2006) mentions *G. tsugae* as the Chinese mushroom *Songshan lingzhi*, grown in Taiwan and widely used to treat diseases. Johnston (2005) states that *G. lucidum* is used in TCM for cancer treatment (Peterson 2006). Based on studies, it is known that fungi contain chemicals that have an important biological effect. As a result of studies carried out on *Ganoderma* species, it has been reported that it contains protocatechuic, 4-oh-benzoic, vanillic, p-coumaric, ferulic, saponin, tannin, gallic acid, catechin, chlorogenic acid, epicatechin, syringic acid. As a result of literature studies, biological activities of *Ganoderma* species such as antioxidant, enzymatic, antibacterial, laccases, lignolytic, fibrinolytic, antimicrobial, immunomodulator, antiproliferative, cytotoxicity, DNA preservative, antituberculosis and antiviral activity were reported (Table 1).

**Table 1.** Biological activities of *Helvella* species

1. Ganoderma species	2. Biological activity	3. References
4. <i>G. applanatum</i>	5. Antioxidant, Antimicrobial, Anti-Tumor	6. Jeong et al., 2008; Kozarski et al., 2012; Ferreira et al., 2015; Sun et al., 2015
7. <i>G. atrum</i>	8. Antimicrobial, Antioxidant, Anti-Tumor, Cytotoxic, Immunomodulatory	9. Chen et al., 2008; Li et al., 2012; Li et al., 2011a; Yu et al., 2013
10. <i>G. australe</i>	11. Antimicrobial	12. Smania et al., 2007
13. <i>G. boninense</i>	14. Antimicrobial, Fungitoxicity	15. Chong et al., 2009; Ofodile et al., 2005
16. <i>G. colossum</i>	17. Antimicrobial	18. Ofodile et al., 2005
19. <i>G. formosanum</i>	20. Antihepatotoxic, Antioxidant, Antimicrobial, Anti-Tumor	21. Lin et. al., 1995; Ferreira et al., 2015
22. <i>G. japonicum</i>	23. Antihepatotoxic, Anti-Tumor	24. Lin et. al., 1995; Ukai et al., 1983;
25. <i>G. lucidum</i>	26. Anti-Angiogenic, Anticancer, Antidiabetic, Antihepatotoxic, Antiherpetic, Antimicrobial, Antimutagenic, Antioxidant, Anti-Staphylococcal, Anti-Tumor, Antiviral, Cytotoxic, Enzymatic, Immune Enhancement, Immunological, Immunoregulatory, Inhibitory, Laccases, Neurotrophic,	27. Maruyama et al., 1989; Yoon et al., 1994; Lin et. al., 1995; Min et al., 1998; Zhu et al., 1999; Eo et al., 2000; Bao et al., 2001(a); Bao et al., 2001; Liu et al., 2002; Sheena et al., 2003; Cao et al., 2004; Song et al., 2004; Wong et al., 2004; Ofodile et al., 2005; Gao et al., 2005; Li et al., 2005; Lakshmi et al., 2006; Du et al., 2007; Guo et al., 2009; Saltarelli et al., 2009; XiaoPing et al., 2009; Fatmawati et al., 2010; Liu et al., 2010; Nayak et al., 2010; Yang et al., 2010; Kamble et al., 2010; Quereshi and Pandey, 2010; Zhang et al., 2010; Zhao et al., 2010; Huang and Ning, 2010; Ameri et al., 2011; Smina et al., 2011; Li et al., 2011; Zhang et al., 2011; Fan et al., 2012; Gao et al., 2012; Zhang et al., 2012; Skalicka-Woźniak et al., 2012; Mahendran et al., 2012; Kao et al., 2012; Kamra and Bhatt, 2012; Kozarski et al., 2012; Heleno et al., 2012; Heleno et al., 2013; Sakthivigneswari and Dharmaraj, 2013; Shi et al., 2013; Pan et al., 2013; Nithya et al., 2013; Cör et al., 2014; Čilerdžić et al., 2014; Celik et al., 2014; Djide et al., 2014; Hleba et al., 2014; Shi et al., 2014; Singh et al., 2014; Modi et al., 2014; Xia et al., 2014; Ferreira et al., 2015; Sa-ard and Sarnthima, 2015; Kan et al., 2015; Fathima and Reenaa, 2016; Zhang et al., 2016; Karaca et al., 2017; Kang et al., 2019; Xiao et al., 2017; Zeng et al., 2019.
28. <i>G. praelongum</i>	29. Anti-Staphylococcal	30. Ameri et al., 2011
31. <i>G. resinaceum</i>	32. Anti-Staphylococcal	33. Ameri et al., 2011
34. <i>G. resinaceum</i>	35. Antimicrobial	36. Ofodile et al., 2006
37. <i>G. tsugae</i>	38. Antioxidant, Antimicrobial, Anti-Tumor	39. Yen and Wu, 1999; Ferreira et al., 2015
40. <i>G. annulare</i>	41. Antifungal	42. Smania et. al., 2003
43. <i>G. capense</i>	44. Antiproliferative, Antioxidant	45. Ngai and Ng, 2004; Huang et al., 2015; Yi et al., 2015

## CONCLUSION

In addition to the compounds obtained from plants for many years, it has been proven by studies that they have important medicinal values in mushrooms. The use of *Ganoderma* members by revealing the active compounds in their bodies, which are of medical importance, has an important medical value.

## REFERENCES

- Akgül H, Sevindik M, Akata I, Altuntaş D, Bal C, Doğan M. 2016. *Macrolepiota procera* (Scop.) Singer. Mantarının Ağır Metal İçeriklerinin ve Oksidatif Stres Durumunun Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(3): 504-508.
- Akgül H, Sevindik M, Coban C, Alli H, Selamoğlu Z. 2017. New approaches in traditional and complementary alternative medicine practices: *Auricularia auricula* and *Trametes versicolor*. J Tradit Med Clin Natur, 6(2): 239.
- Ameri A, Vaidya JG, Deokule SS. 2011. In vitro evaluation of anti-staphylococcal activity of *Ganoderma lucidum*, *Ganoderma praelongum* and *Ganoderma resinaceum* from Pune, India. African Journal of Microbiology Research, 5(3): 328-333.
- Bao X, Duan J, Fang X, Fang J. 2001a. Chemical modifications of the (1→3)- $\alpha$ -D-glucan from spores of *Ganoderma lucidum* and investigation of their physicochemical properties and immunological activity. Carbohydrate Research, 336(2): 127-140.
- Bao X, Fang J, Li X. 2001b. Structural characterization and immunomodulating activity of a complex glucan from spores of *Ganoderma lucidum*. Bioscience, biotechnology, and biochemistry, 65(11): 2384-2391.
- Bishop KS, Kao CH, Xu Y, Glucina MP, Paterson RRM, Ferguson LR. 2015. From 2000 years of *Ganoderma lucidum* to recent developments in nutraceuticals. Phytochemistry, 114: 56-65.
- Cao QZ, Lin ZB. 2004. Antitumor and anti-angiogenic activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharides peptide. Acta Pharmacologica Sinica, 25: 833-838.
- Celik GY, Onbaşlı D, Altınsoy B, Alli H. 2014. In vitro antimicrobial and antioxidant properties of *Ganoderma lucidum* extracts grown in Turkey. European Journal of Medicinal Plants, 709-722.
- Chen Y, Xie MY, Nie SP, Li C, Wang YX. 2008. Purification, composition analysis and antioxidant activity of a polysaccharide from the fruiting bodies of *Ganoderma atrum*. Food Chemistry, 107(1): 231-241.
- Chong KP, Rossall S, Atong M. 2009. In vitro antimicrobial activity and fungitoxicity of syringic acid, caffeic acid and 4-hydroxybenzoic acid against *Ganoderma boninense*. Journal of Agricultural Science, 1(2): 15.
- Ćilerdžić J, Vukojević J, Stajić M, Stanojković T, Glamočlija J. 2014. Biological activity of *Ganoderma lucidum* basidiocarps cultivated on alternative and commercial substrate. Journal of ethnopharmacology, 155(1): 312-319.
- Cör D, Botić T, Knez Ž, Batista U, Gregori A, Pohleven F, Bončina T. 2014. Two-stage extraction of antitumor, antioxidant and antiacetylcholinesterase compounds from *Ganoderma lucidum* fruiting body. The Journal of Supercritical Fluids, 91: 53-60.
- De Silva D, Rapior S, Fons F, Bahkali A, Hyde K. 2012. Medicinal mushrooms in supportive cancer therapies: an approach to anti-cancer effects and putative mechanisms of action. Fungal Divers, 55:1-35.
- Djide MN, Sartini RL, Hasyim N. 2014. Antibacterial Activity of Various Extracts from The Fruiting Bodies of *Ganoderma lucidum* Growing At Samanea Saman (Jacq.) Merr) Trunk. International Journal of Scientific And Technology Research, 3(1): 15-16
- Du M, Zhao L, Li C, Zhao G, Hu X. 2007. Purification and characterization of a novel fungi Se-containing protein from Se-enriched *Ganoderma lucidum* mushroom and its Se-dependent radical scavenging activity. European Food Research and Technology, 224(5): 659-665.
- Eo SK, Kim YS, Lee CK, Han SS. 2000. Possible mode of antiviral activity of acidic protein bound polysaccharide isolated from *Ganoderma lucidum* on herpes simplex viruses. Journal of ethnopharmacology, 72(3): 475-481.
- Fan L, Li J, Deng K, Ai L. 2012. Effects of drying methods on the antioxidant activities of polysaccharides extracted from *Ganoderma lucidum*. Carbohydrate Polymers, 87(2): 1849-1854.
- Fathima AT, Reena M. 2016. Anticancer and Antibacterial Activity of *Ganoderma lucidum*. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci, 5(10): 891-909.
- Ferreira I, Vaz J, Vasconcelos MH, Martins A. 2010. Compounds from wild mushrooms with antitumor potential. Anti-Canc. Agents Med. 10: 424-436.



- Ferreira IC, Heleno SA, Reis FS, Stojkovic D, Queiroz MJR, Vasconcelos MH, Sokovic M. 2015. Chemical features of Ganoderma polysaccharides with antioxidant, antitumor and antimicrobial activities. *Phytochemistry*, 114: 38-55.
- Froufe HJC, Abreu RMV, Ferreira ICFR. 2013. Virtual screening of low molecular weight mushrooms compounds as potential Mdm2 inhibitors. *J. Enzyme Inhib. Med. Chem.* 28: 569–575.
- Gao P, Hirano T, Chen Z, Yasuhara T, Nakata Y, Sugimoto A. 2012. Isolation and identification of C-19 fatty acids with anti-tumor activity from the spores of *Ganoderma lucidum* (reishi mushroom). *Fitoterapia*, 83(3): 490-499.
- Gao Y, Gao H, Chan E, Tang W, Xu A, Yang H, Xu C. 2005. Antitumor activity and underlying mechanisms of ganopoly, the refined polysaccharides extracted from *Ganoderma lucidum*, in mice. *Immunological investigations*, 34(2): 171-198.
- Guo L, Xie J, Ruan Y, Zhou L, Zhu H, Yun X, Wen Y. 2009. Characterization and immunostimulatory activity of a polysaccharide from the spores of *Ganoderma lucidum*. *International immunopharmacology*, 9(10): 1175-1182.
- Hajjaj H, Macé C, Roberts M, Niederberger P, Fay LB. 2005. Effect of 26-oxygenosterols from *Ganoderma lucidum* and their activity as cholesterol synthesis inhibitors. *Applied and environmental microbiology*, 71(7): 3653-3658.
- Heleno SA, Barros L, Martins A, Queiroz MJR, Santos-Buelga C, Ferreira IC. 2012. Fruiting body, spores and in vitro produced mycelium of *Ganoderma lucidum* from Northeast Portugal: A comparative study of the antioxidant potential of phenolic and polysaccharidic extracts. *Food Research International*, 46(1): 135-140.
- Heleno SA, Ferreira IC, Esteves AP, Ćirić A, Glamočlija J, Martins A, Queiroz MJR. 2013. Antimicrobial and demelanizing activity of *Ganoderma lucidum* extract, p-hydroxybenzoic and cinnamic acids and their synthetic acetylated glucuronide methyl esters. *Food and chemical toxicology*, 58: 95-100.
- Hleba L. 2014. Antimicrobial activity of crude methanolic extracts from *Ganoderma lucidum* and *Trametes versicolor*. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 47(2): 89-93.
- Huang SQ, Ning ZX. 2010. Extraction of polysaccharide from *Ganoderma lucidum* and its immune enhancement activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 47(3): 336-341.
- Huang Y, Li N, Wan JB, Zhang D, Yan C. 2015. Structural characterization and antioxidant activity of a novel heteropolysaccharide from the submerged fermentation mycelia of *Ganoderma capense*. *Carbohydrate polymers*, 134: 752-760.
- Jeong YT, Yang BK, Jeong SC, Kim SM, Song CH. 2008. *Ganoderma applanatum*: a promising mushroom for antitumor and immunomodulating activity. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 22(5): 614-619.
- Johnston N. 2005. Medicinal mushroom cuts off prostate cancer cells' blood supply. *Drug discovery today*, 10(23-24): 1584.
- Kamble R, Venkata S, Gupte AM. 2011. Antimicrobial activity of *Ganoderma lucidum* mycelia. *Journal of Pure and Applied Microbiology*, 5(2): 983-986.
- Kamra A, Bhatt AB. 2012. Evaluation of antimicrobial and antioxidant activity of *Ganoderma lucidum* extracts against human pathogenic bacteria. *International journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 4(2): 359-362.
- Kan Y, Chen T, Wu Y, Wu J. 2015. Antioxidant activity of polysaccharide extracted from *Ganoderma lucidum* using response surface methodology. *International journal of biological macromolecules*, 72: 151-157.
- Kang Q, Chen S, Li S, Wang B, Liu X, Hao L, Lu J. 2019. Comparison on characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Ganoderma lucidum* by ultrasound and conventional extraction. *International journal of biological macromolecules*, 124: 1137-1144.
- Kao PF, Wang SH, Hung WT, Liao YH, Lin CM, Yang WB. 2012. Structural characterization and antioxidative activity of low-molecular-weights beta-1, 3-glucan from the residue of extracted *Ganoderma lucidum* fruiting bodies. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2012.
- Karaca B, Akata I, Cihan AQ. 2017. *Lentinus edodes*, *Lactarius deliciosus* ve *Ganoderma lucidum*'un antibiyofilm ve antimikrobiyal etkinlikleri. *Kastamonu Universitesi Orman Fakultesi Dergisi*, 17(4): 660-8.
- Kozarski M, Klaus A, Nikšić M, Vrvic MM, Todorović N, Jakovljević D, Van Griensven LJ. 2012. Antioxidative activities and chemical characterization of polysaccharide extracts from the widely used

- mushrooms *Ganoderma applanatum*, *Ganoderma lucidum*, *Lentinus edodes* and *Trametes versicolor*. Journal of food composition and analysis, 26(1-2): 144-153.
- Lakshmi B, Ajith TA, Jose N, Janardhanan KK. 2006. Antimutagenic activity of methanolic extract of *Ganoderma lucidum* and its effect on hepatic damage caused by benzo [a] pyrene. Journal of ethnopharmacology, 107(2): 297-303.
- Li N, Hu YL, He CX, Hu CJ, Zhou J, Tang GP, Gao JQ. 2010. Preparation, characterisation and anti-tumour activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharide nanoparticles. Journal of pharmacy and pharmacology, 62(1): 139-144.
- Li P, Wang H, Liu G, Li X, Yao J. 2011b. The effect of carbon source succession on laccase activity in the co-culture process of *Ganoderma lucidum* and a yeast. Enzyme and microbial technology, 48(1): 1-6.
- Li WJ, Chen Y, Nie SP, Xie MY, He M, Zhang SS, Zhu KX. 2011a. *Ganoderma atrum* polysaccharide induces anti-tumor activity via the mitochondrial apoptotic pathway related to activation of host immune response. Journal of cellular Biochemistry, 112(3): 860-871.
- Li WJ, Nie SP, Liu XZ, Zhang H, Yang Y, Yu Q, Xie MY. 2012. Antimicrobial properties, antioxidant activity and cytotoxicity of ethanol-soluble acidic components from *Ganoderma atrum*. Food and Chemical Toxicology, 50(3-4): 689-694.
- Li Z, Liu J, Zhao Y. 2005. Possible mechanism underlying the antiherpetic activity of a proteoglycan isolated from the mycelia of *Ganoderma lucidum* in vitro. Journal of Biochemistry and Molecular Biology, 38(1): 34.
- Lin JM, Lin CC, Chen MF, Ujiie T, Takada A. 1995. Radical scavenger and antihepatotoxic activity of *Ganoderma formosanum*, *Ganoderma lucidum* and *Ganoderma neo-japonicum*. Journal of Ethnopharmacology, 47(1): 33-41.
- Lin JY, Chen ML, Chiang BL, Lin BF. 2006. *Ganoderma tsugae* supplementation alleviates bronchoalveolar inflammation in an airway sensitization and challenge mouse model. International Immunopharmacology, 6(2): 241-251.
- Liu W, Wang H, Pang X, Yao W, Gao X. 2010. Characterization and antioxidant activity of two low-molecular-weight polysaccharides purified from the fruiting bodies of *Ganoderma lucidum*. International journal of biological macromolecules, 46(4): 451-457.
- Liu X, Yuan JP, Chung CK, Chen XJ. 2002. Antitumor activity of the sporoderm-broken germinating spores of *Ganoderma lucidum*. Cancer letters, 182(2): 155-161.
- Mahendran S, Anandapandian KTK, Shankar T, Chellaram C, Vijayabaskar P. 2012. Antioxidant properties of *Ganoderma lucidum* crude exopolysaccharide. Indian J. Innov. Dev, 1: 1-6.
- Maruyama H, Yamazaki K, Murofushi S, Konda C, Ikekawa T. 1989. Antitumor activity of *Sarcodon aspratus* (BERK.) S. ITO and *Ganoderma lucidum* (FR.) KARST. Journal of pharmacobio-dynamics, 12(2): 118-123.
- Min BS, Nakamura N, Miyashiro H, Bae KW, Hattori M. 1998. Triterpenes from the spores of *Ganoderma lucidum* and their inhibitory activity against HIV-1 protease. Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 46(10): 1607-1612.
- Modi HA, Shah P, Shukla MD, Lahiri SK. 2014. Determination of total phenolic content and antioxidant activity of *Ganoderma lucidum* collected from Dang district of Gujarat, India. Natural products: An Indian Journal, 10(3): 75-83.
- Nayak RN, Nayak A, Bhat K. 2010. Antimicrobial activity of aqueous extract of spore powder of *Ganoderma lucidum*—An in vitro study. Journal of International Oral Health, 2(1): 1.
- Ngai PH, Ng TB. 2004. A mushroom (*Ganoderma capense*) lectin with spectacular thermostability, potent mitogenic activity on splenocytes, and antiproliferative activity toward tumor cells. Biochemical and Biophysical Research Communications, 314(4): 988-993.
- Nithya M, Ambikapathy V, Panneerselvam A. 2013. Studies on antimicrobial potential of different strains of *Ganoderma lucidum* (Curt.: Fr.) P. Karst. Int. J. Pharm. Sci. Rev. Res, 21(2): 56.
- Ofodile LN, Uma NU, Kokubun T, Grayer RJ, Ogundipe OT, Simmonds MSJ. 2005. Antimicrobial activity of some *Ganoderma* species from Nigeria. Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives, 19(4): 310-313.
- Pan K, Jiang Q, Liu G, Miao X, Zhong D. 2013. Optimization extraction of *Ganoderma lucidum* polysaccharides and its immunity and antioxidant activities. International journal of biological macromolecules, 55: 301-306.
- Paterson RRM. 2006. *Ganoderma*—a therapeutic fungal biofactory. Phytochemistry, 67(18): 1985-2001.

- Qureshi S, Pandey AK, Sandhu SS. 2010. Evaluation of antibacterial activity of different *Ganoderma lucidum* extracts. *J Sci Res*, 3: 9-13.
- Sa-ard P, Sarnthima R, Khammuang S, Kanchanarach W. 2015. Antioxidant, antibacterial and DNA protective activities of protein extracts from *Ganoderma lucidum*. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5): 2966-2973.
- Sakthivigneswari G, Dharmaraj K. 2013. Studies on analysis of few secondary metabolites and antimicrobial activity of *Ganoderma lucidum*. *J Pharm Res*, 1(8): 781-786.
- Saltarelli R, Ceccaroli P, Iotti M, Zambonelli A, Buffalini M, Casadei L, Stocchi V. 2009. Biochemical characterisation and antioxidant activity of mycelium of *Ganoderma lucidum* from Central Italy. *Food Chemistry*, 116(1): 143-151.
- Sevindik M, Akata I. 2019. Antioxidant, oxidant potentials and element content of edible wild mushroom *Helvella leucopus*. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 10(4): 266-271.
- Sevindik M, Akgul H, Akata I, Selamoglu Z. 2017. *Gastrum pectinatum* as an alternative antioxidant source with some biochemical analysis. *Medical Mycology: Open Access*, 3(2): 1-4.
- Sevindik M, Akgul H, Bal C, Selamoglu Z. 2018a. Phenolic contents, oxidant/antioxidant potential and heavy metal levels in *Cyclocybe cylindracea*. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 52(3): 437-441.
- Sevindik M, Akgul H, Dogan M, Akata I, Selamoglu Z. 2018b. Determination of antioxidant, antimicrobial, DNA protective activity and heavy metals content of *Laetiporus sulphureus*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(3): 1946-1952.
- Sevindik M, Akgul H, Korkmaz AI, Sen I. 2018c. Antioxidant Potentials of *Helvella leucomelaena* and *Sarcosphaera coronaria*. *J Bacteriol Mycol Open Access*, 6(2): 00173.
- Sevindik M, Akgul H, Selamoglu Z, Braidy N. 2020. Antioxidant and Antigenotoxic Potential of *Infundibulicybe geotropa* Mushroom Collected from Northwestern Turkey. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/5620484>
- Sevindik M. 2018a. Investigation of antioxidant/oxidant status and antimicrobial activities of *Lentinus tigrinus*. *Advances in pharmacological sciences*, 2018.
- Sevindik M. 2018b. Investigation of Oxidant and Antioxidant Status of Edible Mushroom *Clavariadelphus truncatus*. *Mantar Dergisi*, 9(2): 165-168.
- Sevindik M. 2019a. The novel biological tests on various extracts of *Cerioporus varius*. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(5): 3713-3717.
- Sevindik M. 2019b. Wild Edible Mushroom *Cantharellus cibarius* as a Natural Antioxidant Food. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 7(9): 1377-1381.
- Sevindik M. 2020. Antioxidant and antimicrobial capacity of *Lactifluus rugatus* and its antiproliferative activity on A549 cells. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 19(2): 423-427.
- Sheena N, Ajith TA, Mathew A, Janardhanan KK. 2003. Antibacterial activity of three macrofungi, *Ganoderma lucidum*, *Navesporus floccosa* and *Phellinus rimosus* occurring in South India. *Pharmaceutical biology*, 41(8): 564-567.
- Shi M, Yang Y, Hu X, Zhang Z. 2014. Effect of ultrasonic extraction conditions on antioxidative and immunomodulatory activities of a *Ganoderma lucidum* polysaccharide originated from fermented soybean curd residue. *Food chemistry*, 155: 50-56.
- Shi M, Zhang Z, Yang Y. 2013. Antioxidant and immunoregulatory activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharide (GLP). *Carbohydrate Polymers*, 95(1): 200-206.
- Singh J, Gupta S, Malviya S, Ahrwar B. 2014. In-vitro evaluation of antimicrobial activity of *Ganoderma lucidum*. *International Journal of Advanced Research*, 2(6): 460-466.
- Skalicka-Wozniak K, Szykowski J, Los R, Siwulski M, Sobieralski K, Glowniak K, Malm A. 2012. Evaluation of polysaccharides content in fruit bodies and their antimicrobial activity of four *Ganoderma lucidum* (W Curt.: Fr.) P. Karst. strains cultivated on different wood type substrates. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 81(1):17-21
- Smania E, Delle Monache F, Smania Jr A, Yunes RA, Cuneo RS. 2003. Antifungal activity of sterols and triterpenes isolated from *Ganoderma annulare*. *Fitoterapia*, 74(4): 375-377.
- Smania EDFA, Delle Monache F, Yunes RA, Paulert R, Smania Junior A. 2007. Antimicrobial activity of methyl australate from *Ganoderma australe*. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 17(1): 14-16.
- Smina TP, Mathew J, Janardhanan KK, Devasagayam TPA. 2011. Antioxidant activity and toxicity profile of total triterpenes isolated from *Ganoderma lucidum* (Fr.) P. Karst occurring in South India. *Environmental toxicology and pharmacology*, 32(3): 438-446.

- Song YS, Kim SH, Sa JH, Jin C, Lim CJ, Park EH. 2004. Anti-angiogenic and inhibitory activity on inducible nitric oxide production of the mushroom *Ganoderma lucidum*. *Journal of ethnopharmacology*, 90(1): 17-20.
- Stanley G, Harvey K, Slivova V, Jiang J, Sliva D. 2005. *Ganoderma lucidum* suppresses angiogenesis through the inhibition of secretion of VEGF and TGF- $\beta$ 1 from prostate cancer cells. *Biochemical and biophysical research communications*, 330(1): 46-52.
- Sun X, Zhao C, Pan W, Wang J, Wang W. 2015. Carboxylate groups play a major role in antitumor activity of *Ganoderma applanatum* polysaccharide. *Carbohydrate Polymers*, 123: 283-287.
- Ukai S, Kiho T, Hara C, Morita M, Goto A, Imaizumi N, Hasegawa Y. 1983. Antitumor activity of various polysaccharides isolated from *Dictyophora indusiata*, *Ganoderma japonicum*, *Cordyceps cicadae*, *Auricularia auricula-judae*, and *Auricularia* species. *Chem Pharm Bull*, 31(741): 4.
- Wasser S. 2011. Current findings, future trends, and unsolved problems in studies of medicinal mushrooms. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 89: 1323–1332.
- Wong KL, Chao HH, Chan P, Chang LP, Liu CF. 2004. Antioxidant activity of *Ganoderma lucidum* in acute ethanol-induced heart toxicity. *Phytotherapy Research*, 18(12): 1024-1026.
- Xia Q, Zhang H, Sun X, Zhao H, Wu L, Zhu D, Zhang L. 2014. A comprehensive review of the structure elucidation and biological activity of triterpenoids from *Ganoderma* spp. *Molecules*, 19(11): 17478-17535.
- Xiao C, Wu Q, Zhang J, Xie Y, Cai W, Tan J. 2017. Antidiabetic activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharides F31 down-regulated hepatic glucose regulatory enzymes in diabetic mice. *Journal of ethnopharmacology*, 196: 47-57.
- Xiao Ping C, Yan C, Shui Bing L, You Guo C, Jian Yun L, Lan Ping L. 2009. Free radical scavenging of *Ganoderma lucidum* polysaccharides and its effect on antioxidant enzymes and immunity activities in cervical carcinoma rats. *Carbohydrate Polymers*, 77(2): 389-393.
- Yang Q, Wang S, Xie Y, Sun J, Wang J. 2010. HPLC analysis of *Ganoderma lucidum* polysaccharides and its effect on antioxidant enzymes activity and Bax, Bcl-2 expression. *International journal of biological macromolecules*, 46(2): 167-172.
- Yen GC, Wu JY. 1999. Antioxidant and radical scavenging properties of extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food Chemistry*, 65(3): 375-379.
- Yi P, Li N, Wan JB, Zhang D, Li M, Yan C. 2015. Structural characterization and antioxidant activity of a heteropolysaccharide from *Ganoderma capense*. *Carbohydrate polymers*, 121: 183-189.
- Yoon SY, Eo SK, Kim YS, Lee CK, Han SS. 1994. Antimicrobial activity of *Ganoderma lucidum* extract alone and in combination with some antibiotics. *Archives of pharmacal research*, 17(6): 438-442.
- Yu Q, Nie SP, Li WJ, Zheng WY, Yin PF, Gong DM, Xie MY. 2013. Macrophage immunomodulatory activity of a purified polysaccharide isolated from *Ganoderma atrum*. *Phytotherapy research*, 27(2): 186-191.
- Zeng X, Li P, Chen X, Kang Y, Xie Y, Li X, Zhang Y. 2019. Effects of deproteinization methods on primary structure and antioxidant activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharides. *International journal of biological macromolecules*, 126: 867-876.
- Zhang J, Liu YJ, Park HS, Xia YM, Kim GS. 2012. Antitumor activity of sulfated extracellular polysaccharides of *Ganoderma lucidum* from the submerged fermentation broth. *Carbohydrate polymers*, 87(2): 1539-1544.
- Zhang J, Meng G, Zhai G, Yang Y, Zhao H, Jia L. 2016. Extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides of spent mushroom compost of *Ganoderma lucidum*. *International journal of biological macromolecules*, 82: 432-439.
- Zhang J, Tang Q, Zhou C, Jia W, Da Silva L, Nguyen LD, Fan H. 2010. GLIS, a bioactive proteoglycan fraction from *Ganoderma lucidum*, displays anti-tumour activity by increasing both humoral and cellular immune response. *Life sciences*, 87(19-22): 628-637.
- Zhang XQ, Ip FC, Zhang DM, Chen LX, Zhang W, Li YL, Ye WC. 2011. Triterpenoids with neurotrophic activity from *Ganoderma lucidum*. *Natural product research*, 25(17): 1607-1613.
- Zhao L, Dong Y, Chen G, Hu Q. 2010. Extraction, purification, characterization and antitumor activity of polysaccharides from *Ganoderma lucidum*. *Carbohydrate polymers*, 80(3): 783-789.
- Zhu M, Chang Q, Wong LK, Chong FS, Li RC. 1999. Triterpene antioxidants from *Ganoderma lucidum*. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 13(6): 529-531.

## Elektroegirme yöntemiyle elde edilen kompozit protein nanofiberlerin gıda uygulamaları

Mustafa Gözler\* (<https://orcid.org/0000-0003-2095-1877>), Özgür Tarhan (<https://orcid.org/0000-0001-7084-6253>)

Uşak Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği, Uşak, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [mustafagozler006@gmail.com](mailto:mustafagozler006@gmail.com)

### Özet

Her geçen gün teknolojinin gelişmesi ile birlikte gıda sanayisi de gelişmektedir. Çoğalmakta olan dünya nüfusunun beslenme ihtiyacına yetebilmek için birçok yenilik ortaya çıkmaktadır. Örneğin gıdaların kimyasal ve mikrobiyolojik olarak bozulmalarını önlemek ve daha uzun süre saklanabilmesi için farklı ambalajlama yöntemleri araştırılmaktadır. Şimdiye kadar yapılan ambalaj yöntemlerine modifiye atmosfer paketleme, akıllı ambalaj paketleme, vakum paketleme, kontrollü atmosfer depolama gibi örnekler verilebilir. Bunlara ek olarak son zamanlarda üzerindeki araştırmalar artmış olan nanofiber materyalleridir. Nanofiberler çeşitli biyolojik ve sentetik polimerlerden üretilen nano boyutlardaki liflerden oluşan malzemelerdir. Bu lifler tıbbi malzeme, ambalaj materyali, ilaç sektörü gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Nanofiberler hayvansal ve bitkisel proteinlerden üretilebilir. Hayvansal proteinlerden elde edilebilen nanofiberlere jelatin, whey, kazein, albümin örnek verilebilirken bitkisel proteinlerden elde edilen nanofiberlere de mısır proteini zein, arpa proteini hordein, buğday proteini gliadin ve soya proteini örnek gösterilir. Ayrıca polisakkarit yapıda olan biyopolimerler selüloz, nişasta, kitosan, aljinat, pullulan olarak sıralanabilir. Nanofiberler elektro-egirme denilen bir yöntemle üretilir. Bu yöntemde enjektör pompa içerisine yerleştirilen polimer sıvısı elektriksel alan kuvvetiyle polimer jetleri oluşturarak çok ince lifler haline dönüşür. Birden fazla elektroegirme yöntemi vardır. Bunlar tek eksenli elektroegirme, ortak eksenli elektroegirme, çözelti elektroegirme ve eriyik elektroegirme olarak çeşitlenmektedir. Bu liflerin daha stabil şekil alması ve istenen özellikleri taşıması için polimerler ve koruyucu maddeler kullanılabilir. Elektroegirilebilirlik stabilitesini arttırmak için proteinlere polietilen oksit (PEO), Polilaktik Asit (PLA), Polivinil Alkol (PVA) gibi polimerler eklenebilmektedir. Bunun yanısıra, antioksidan ve antimikrobiyal özellik kazanması açısından çeşitli organik koruyucular eklenerek de nanofiberler yapılar zenginleştirilebilmektedirler. Bu çalışmada güncel literatürde bulunan protein nanofiberlerin uygulamaları ile ilgili araştırmalar derlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektroegirme, nanofiber, nanofilm, protein, ambalajlama

### Food Applications of Composite Protein Nanofibers Obtained by Electrospinning Method

#### Abstract

Due to the current developments of technology the food industry is also developing. Many innovations emerge to meet the nutritional needs of the growing world population. For example, different packaging methods are being investigated in order to prevent chemical and microbiological spoilage of foods and to be stored for longer periods. Modified atmosphere packaging, smart packaging packaging, vacuum packaging, controlled atmosphere storage can be given as the examples used for food packaging until now. In addition, the researches on nanofiber materials have increased recently. Nanofibers are materials consisting of nano-sized fibers produced from various biological and synthetic polymers. These fibers are used in many areas such as medical equipment, packaging material, and the pharmaceutical industry. Nanofibers can be produced from animal and vegetable proteins. Gelatin, whey, casein and albumin are the examples of animal proteins used for obtaining nanofibers, while corn protein zein, barley proteins, wheat protein gliadin and soy protein are the vegetable proteins used to produce nanofibers,. Moreover, biopolymers with polysaccharide structure can be listed as cellulose, starch, chitosan, alginate, pullulan. Nanofibers can be fabricated through electro-spinning method. In this method, the polymer fluid placed in the injector pump turns into very fine fibers by forming polymer jets via the electrical field force. There are some different electrospinning methods including uniaxial electrospinning, coaxial electrospinning, solution electrospinning and melt electrospinning. Polymers and protective agents can be used to make these fibers more stable and provide the desired properties. Polymers such as polyethylene oxide (PEO), Polylactic Acid (PLA), Polyvinyl Alcohol (PVA) can be added to proteins to increase their electrospinning stability. In addition, the nanofiber structures can be enriched by adding various organic preservatives in order to provide anti-oxidant and antimicrobial properties. In this study, researches regarding the applications of protein nanofibers in the current literature were reviewed.

**Keywords:** Electrospinning, nanofiber, nanofilm, protein, packaging

## GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte gıda sektöründe de üretim ve depolama süreçlerinde fayda sağlayan çok sayıda yenilik ortaya çıkmaktadır. İnsanların yaşamsal faaliyetlerini devam ettirmek için beslenmesi en temel zorunluluktur. Bu kapsamda gıda ürünlerinde üretim, depolama ve taşıma önem kazanmaktadır. Üretimden tüketime kadar geçen bu safhada gıdalar çeşitli kimyasal ve mikrobiyolojik etkenler sebebiyle bozulabilir. Bu bozulmaların en aza indirilmesi hem insan sağlığı açısından hem üretici açısından hem de dünyadaki gıdaya muhtaç birçok insan açısından büyük önem arz etmektedir.

Gıdaların bozulmadan tüketiciye ulaşması için gıdanın üretimi, taşınması ve depolanması aşamalarında çeşitli teknolojik yöntemler kullanılmaktadır. Bu teknolojik yöntemler gıdayı olabildiğince taze tutmaktadır. Gıdaların raf ömrünü arttırmak için kullanılan bir diğer aşama ise ambalajlanmasıdır. Kullanılan ambalajlama sistemleri farklı işlevsel özelliklere sahiptirler. Bunlar, akıllı ambalaj malzemeleri ile paketlenme, modifiye atmosfer paketlenme, vakum ambalaj paketlenme vs gibi paketlenme yöntemleridir. Bunlara ek olarak son zamanlarda üzerindeki araştırmalar artmış olan nanofiber materyaller de güvenli şekilde gıda ambalajlama konusunda fırsatlar sunmaktadırlar. Nanofiberler çeşitli biyolojik ve sentetik polimerlerden üretilen nano boyutlardaki liflerden oluşan malzemelerdir. Bu lifler tıbbi malzeme üretimi, ambalaj materyali üretimi ve ilaç sektörü uygulamaları gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Nanofiberler hayvansal ve bitkisel proteinlerden üretilir. Genellikle hayvansal protein olarak jelatin, bitkisel protein için ise mısır proteini olan zein kullanılır. Nanofiberler elektro-eğirme denilen bir yöntemle üretilir. Bu yöntemde enjektör pompa içerisine yerleştirilen polimer sıvısı elektriksel alan kuvvetiyle polimer jetleri oluşturularak çok ince lifler haline dönüşür. Bu liflerin gıdalarda bozulmaları önleyecek aktif maddelerle yüklenmesi sonucunda gıda koruyucu özeliği kazanır. Birçok lifin bir yüzey üzerinde birikmesi sonucu nanolif elyaflar oluşur. Bu elyaflarla sarılan gıda maddeleri daha uzun süre raf ömrüne sahip olurken bozulmalara karşı da daha dayanıklı hale gelir. Böylece gıdaların üretiminden tüketilmesine kadar geçen sürede gıdalar tazeliklerini olabildiğince korumuş olurlar. Bu çalışmada gıda uygulamalarında nanofiberlerin kullanımına ilişkin güncel araştırmalar sunulmuştur.

## NANOFİBERLERİN ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Nanofiberler, ortalama lif çapları nanometreler ( $10^{-9}$  metre) mertebesinde olan çok ince liflerdir. Günümüzde, mevcut lif üretim teknikleriyle çapı bir mikron ve altında lif üretildiği için, çalışmalarda “çapı bir mikron ve altındaki lifler” nanolif olarak kabul edilmektedir.

Elektro-eğirme yöntemi polimerik ya da polimerik olmayan yapılardan 10 nm den mikrometre boyutlarına kadar elektriksel alan etkisiyle çok ince lifler oluşmasını sağlayan yöntemdir. Bu amaçla, tek eksenli, ortak eksenli, emülsiyon ve eriyik elektro-eğirme yöntemleri kullanılabilir (Sundaray ve ark., 2004).

Tek eksenli elektro eğirme yöntemi tek bir şırınga ve enjektör pompasının kullanıldığı sistemlerdir (Demirci, 2017). Bu tip elektro-eğirme yöntemi geleneksel olarak nitelendirilen elektro-eğirme yöntemidir. Ortak eksenli elektro-eğirme düzeneğinde kabuk ve çekirdek olmak üzere iki farklı çözelti vardır. Bu yöntemde ana prensip iç içe geçmiş iki şırınga sistemi bulunmaktadır. İç içe geçik olan şırınga sistemleri farklı çözeltilerle doludur ve bu şırınga enjektörleri farklı pompa sistemleri ile kontrol edilir. Diğer kısımları basit elektro-eğirme tekniği ile aynıdır. Emülsiyon elektro-eğirme yönteminde ise iki polimer sıvısı aynı enjektör içerisinde emülsiyon oluşturacak şekilde karışık bulunur. Emülsiyon elektro-eğirme tekniğinde tek bir enjektör ucundan yani nozuldan yararlanır. Ortak eksenlideki gibi iç içe geçmiş nozullardan oluşmaz. Basit elektro-eğirmede olduğu gibi elektrik akımına kapılan emülsiyon akımı polimer jeti oluşturur ve karşı tarafta lifler halinde birikir (Demirci, 2017). Eriyik elektro-eğirme yönteminde polimerler, uçucu bileşikler içinde çözmek gerekmez. Bu bileşikler yerine çözelti olarak direk polimer eriyikleri kullanılır. (Lyons ve ark., 2004). Oluşturulan elektro-eğirme lifleri, farklı ve uygun problemler kullanılarak, triaxial (Han ve Steckl, 2013), core-shell (Aytac ve Uyar, 2018), Flat/Ribbon (Topuz ve Uyar, 2017), janus (Zhou ve ark., 2015), olarak değişik tiplerde olabilir.

## NANOFİBER ÜRETİMİNDE KULLANILAN PROTEİNLER

Nanofiberler, proteinler, polisakkaritler, sentetik polimerler gibi birçok maddeden üretilir. Proteinler dikkate alındığında, hem hayvansal hem de bitkisel proteinler nanofiber üretmek amacıyla kullanılabilirler.

### Bitkisel Proteinler

#### Zein Proteini

Birkaç protein, gıda endüstrisinde kabul edilebilir çözücülerden elde edilebilir. Örnek olarak, %70 etanolde çözünür olan mısırın depolama proteini olan “zein”dir (Kanjanapongkul ve ark., 2010; Miyoshi ve ark., 2005). Etanolde protein yapılandırılmamıştır ve iyi çözünür bir polimer şeklinde davranır. Zein ile yapılan bir

çalışmada et örnekleri üzerinde antibakteriyel özellik araştırılmıştır. Bu çalışmada zein-timol/ $\gamma$ -CD IC (Cyclodextrin inclusion complex) nanofiberlerin 4°C de 5 gün boyunca et örnekleri üzerindeki bakteriyel yükü kontrol edilmiştir. Bu çalışma sonunda hem E. coli hem de S. aerus örnekleri süre boyunca inhibe edebileceği görülmüştür. Bu sebepten dolayı gıdalarda ambalaj materyali olarak kullanılabilirliğini göstermişlerdir (Aytaç ve ark. 2017).

### **Soya Proteini**

Soya fasulyesi dünyada en çok hasatı yapılan gıdalardan biridir. Düşük maliyeti sebebiyle biyobozunur uygulamalarda çok tercih edilir. Soya fasulyesi yaklaşık %38 protein içerir. (Cho ve ark.,2012) Soya proteini tek başına elektroçirilemez. Bunun için başka bir taşıyıcı polimere ihtiyacı vardır (Mendes ve ark., 2016). Soya proteini suya duyarlı ve kırılmandır. Bu yüzden kimyasal, enzimatik ve fiziksel modifikasyonlar veya yan zincir modifikasyonu, çapraz bağlanma, esterleşme, asetilasyon, denatürasyon ya da diğer polimerler ile harmanlama gibi yöntemler bu sorunları çözmek için kullanılabilir (Lu ve ark., 2004). Soya proteinleri ile yapılan bir çalışmada polivinil alkol (PVA) veya polikaprolakton (PCL) katkılı biyobozunur yapışkan özellikte membranlar, bitkileri mantar saldırılarından korumak için kullanılmıştır. Liflerin çok ince ve küçük gözenekli oluşu mantar saldırılarını durdurabilirken aynı zamanda bitkinin hava almasını da sağlayabilmiştir (Sett ve ark., 2015).

### **Hayvansal Proteinler**

#### **Jelatin**

Gıda sınıfından çözücülerle döndürülebilin ikinci bir protein “**jelatin**” (Li ve ark., 2006; Zhang ve ark., 2009). Jelatin çözeltilerinin sudan döndürülmesi, oda sıcaklığında jelasyonu nedeniyle uzun süredir sorunludur (Songchotikunpan ve ark., 2008; Zhang ve ark., 2005). Bununla birlikte, elektrospinning cihazları bir sıcaklık kontrolü içerdiğinden, çözelti erime noktasının üzerine ısıtıldığında jelatinin sudan döndürülmesi mümkün olabilmektedir. (Li ve ark., 2006; Zhang ve ark., 2009) Jelatin ile yapılan bir çalışmada Li ve ark.,(2018) antioksidan, antibakteriyel ve antifungal bütillenmiş hidrokisanozol (BHA) eklenmiş jelatin elyaf filmleri, çilekleri korumak amacıyla üretmişlerdir. Bu elektroçirilmiş filmler S.aerus'a karşı iyi birer antibakteriyel özellik göstermişlerdir (Li ve ark.2018).

#### **Peyniraltı suyu (Whey) Proteini**

Peynir altı suyu (PAS) proteinleri, suyun bağlanması, lezzetin artırılması, jelleşme, emülsifikasyon ve köpürme gibi çeşitli işlevler nedeniyle gıda tasarımında kullanılır (Chandan, 2006; Chandan ve Shah, 2006). Diğer yandan, PAS proteinleri antikarsinogenik, antiviral ve antimikrobiyal etkileri açısından değerlendirilmeye çalışılmaktadır. PAS proteinleri ile ilgili çalışmaların çoğu jelleşme üzerine yoğunlaşmıştır (Bertrand ve Turgeon, 2007; Daubert ve ark 2006; Eissa ve ark. 2004; Eissa ve Khan, 2006; Errington ve Foegeding, 1998). Peynir altı suyu proteini kullanılarak yapılan bir takım kapsül ve lif yapılar, canlı Bifidobacterium animalis subs. lactis bakterisinin kapsüllemesi için kullanılmıştır ve peynir altı suyu proteini kapsüllerinin ve liflerinin hücreler üzerinde uzun süreli canlılıklarını sürdürülebilmesi için korumayı arttırdığını tespit etmişlerdir (Rubio ve ark., 2012).

### **ELEKTROÇİRME YÖNTEMİNDE ETKİN PARAMETRELER**

İşlem parametreleri, çözelti parametreleri ve çevresel faktörler olmak üzere 3 ana başlık elektro-çirme işlemini etkileyen faktörlerdir (Demirci, 2017).

#### **İşlem Parametreleri**

##### **Akış Hızı**

Enjektör içerisindeki polimer solüsyonu yüksek hızda enjekte edilirse, iğne ucundan çıkan polimerin elektrik akımının çekebileceği miktardan fazla olması, polimerlerin iğne ucundan damlacıklar halinde yere akmasına sebep olur. Yani fazla polimer miktarı yüzünden enjektör ucunda düzgün Taylor konisi oluşmaz (Deitzel ve ark., 2001).

##### **İğne Çapı**

Enjektör iğne çapının olması gerekenden büyük olması damlacık oluşumuna sebep olurken küçük olması ise düzgün lif oluşmadan kopmalara ya da toplayıcıda küçük damlacıklar halinde birikmesine sebep olabilmektedir (Tan ve ark., 2005).

### **Uygulanan Voltaj**

Uygulanan voltaj da diğer parametreler ile benzer sonuç doğurmaktadır. Eğer yeterli voltaj uygulanmazsa polimer solüsyonları enjektör iğnesinden elektrik akımına kapılamayacağı için damlacıklar halinde yere akabilir. Aksine fazla uygulanan voltaj ise polimerlerin düzgün bir Taylor konisi oluşturmadan çekim gücünün etkisi ile kopmalara ya da toplayıcıda damlacıklara sebep olabilir (Deitzel ve ark., 2001).

### **Toplayıcının Etkisi**

Düzgün iletken bir toplayıcı değil ise fiberlerde voltaj dalgalanmalarına bağlı kopma, incelleme, kalınlaşma ya da damlacık oluşumuna sebep olabilmektedir (Kumar, P.,2012).

### **İğne Ucu ve Toplayıcı Arasındaki Mesafe**

Mesafenin olması gerekenden uzak ya da yakın olması yine benzer sorunları ortaya çıkarmaktadır. Bunlar yeterli akımın toplayıcıya ulaşmamasına bağlı ya da toplayıcı ile enjektörün fazla yakın olmasına bağlı olarak yukarıdaki benzer sorunları ortaya çıkarabilmektedir (Thompson ve ark., 2007).

### **Çözümlü Parametreleri**

#### **Polimerin Moleküler Ağırlığı**

Elektroegirme işlemi yapılacak olan polimer bileşiği doğru moleküler ağırlığa sahip olmazsa elektriksel akım kuvvetinden doğru oranda yararlanılarak, doğru uzama miktarına erişilemeyecektir. Polimerleri diğer malzemelerden daha etkili olmasını sağlayan mekanik özellikleri moleküler ağırlığının sonucudur. Polimerin birçok mekaniksel, fiziksel ve mukavemeti gibi özellikleri büyük oranda moleküler ağırlığına bağlıdır. Polimerin istenilen kıvamda olabilmesi ve Taylor konisinin doğru şekilde oluşması için moleküler ağırlığı önemlidir (Koski ve ark., 2004).

#### **Polimer Konsantrasyonu**

Yukarıda bahsedilen moleküler ağırlık aynı zamanda polimerin konsantrasyonu ile de bağlantılıdır. Polimer konsantrasyonu ne kadar yoğun olursa elektroegirme aşamasında viskozitenin yüksek olması sebebiyle elektrik akımının etkisine girecek olan polimerin uzayabilirliğini zorlaştıracığı için istenilen Taylor konisinin oluşmasına engel olacaktır. Aksi taraftan düşünüldüğünde konsantrasyonun çok düşük olması, viskoziteyi çok düşürecek bu da polimer moleküllerinin elektrik akımına çok hızlı kapılarak, polimerin uzamasına fırsat vermeden toplayıcıda damlacıklar halinde birikmesine sebep olacaktır. Nanofiberlerin doğru şekilde uzayıp, istenilen inceliğin elde edilebilmesi için polimer konsantrasyonunun doğru ayarlanması gerekmektedir (Deitzel ve ark., 2001).

### **Çevresel Parametreler**

#### **Nem, Sıcaklık, Basınç, Atmosfer Çeşidi**

Elektroegirmenin yapılacağı ortamın hava koşulları polimerlerin nanolife dönüşmesi ve stabil kalması açısından önemlidir. Çünkü eriyik şekilde sıvı halde bulunan polimer solüsyonunun enjektör iğnesinden çıkıp toplayıcıya ulaşmaya kadar geçen süreçte belli oranda kuruması ve sertleşmesi gerekmektedir. Eğer ortamın nemi düşük ve sıcak ise polimer hızlı bir şekilde kuruyarak toplayıcıya ulaşmadan sertleşir ve bu da nanoliflerin kırılmasına yol açabilmektedir. Aksi halde ortam çok nemli ve soğuk ise de enjektörden çıkan nanolifler belli oranda kuruyamadan toplayıcıda birikir ve düzgün morfolojiye sahip olamadan liflerde yayılmaya ve bozulmaya sebep olur (De Vrieze ve ark., 2009; Theron ve ark., 2004)

### **GÜNCEL LİTERATÜR ÇALIŞMALARI**

Bitkisel ve hayvansal proteinler kullanılarak elde edilen nanofiberler ve çeşitli gıda uygulamaları Tablo 1 ve 2'de verilmiştir.

Yapılan bir çalışmada zein proteinine soya protein izolatu ve polietilenoksit (PEO) eklenerek hazırlanan solüsyona aktif ajan olarak antimikrobiyal etki sağlamak için zencefil esansiyel yağı (GEO) eklenmiştir. Bu karışım ile elde edilen fiber matlar ile Minas peynirleri sarılmıştır. Fiberlerin, doğal Minas peynirindeki L. Monocytogenes'i azalttığı tespit edilmiştir. (Silva et al., 2018). Zein ile yapılan diğer bir çalışmada zein proteinine ek bileşen olarak Timol (THY)/  $\gamma$ -CD IC eklenmiştir. Aktif ajan olarak antibakteriyel etki için kekik yağında bulunan Timol kullanılmıştır. Sonuç olarak Timol (THY) /  $\gamma$ -CD IC (2:1 oranında) kullanılan solüsyonlardan elde edilen nanofiberlerin et örnekleri üzerinde bakteriyel büyümenin önlenmesinde yüksek oranda etki ettiği görülmüştür. (Aytac et al., 2017). Hayvansal protein olan jelatin ile yapılan çalışmada antimikrobiyal amaçla sığır laktoferrini (bLF) eklenmiştir. Hazırlanan solüsyon ile elde edilen %5 lik ve %10 luk bLF kaplı fiberlerin sırasıyla %90 ve %100 lük antimikrobiyal etki gösterdiği tespit edilmiştir. (Padrão et



al., 2015). Jelatin ile yapılan diğer bir çalışmada jelatine antimikrobiyal amaçla Bütillenmiş Hidroksianisol (BHA) eklenmiştir. Elde edilen fiberler çilekler üzerinde denenmiştir ve çileklerin raf ömrünün arttığı tespit edilmiştir. (Li et al., 2018).

Tablo 1. Bitkisel proteinlerden elde edilen nanofiberler ve gıda uygulamaları

Protein	Diğer Bileşenler	Aktif Ajanlar	Kullanım Amacı	Görülen Etki	Referans
Zein	Soya protein izolatu (SPI), Poli etilen oksit (PEO)	Zencefil Esansiyel Yağı (GEO)	Antimikrobiyal	Fiberlerin doğal Minas Peynirindeki L.monocytogenesi azalttığı görülmüştür	(Silva et al., 2018)
Zein	Faz Değişim Malzemesi (dodecane)	Dodecane	Isı Yönetimi	Lifler, kapsülleme morfolojisine ve elektrospinning parametrelerine bağlı olarak farklı ısı yönetimi özellikleri gösterir.	(Pérez-Masiá, López-Rubio, & Lagarón, 2013)
Zein	Whey Protein İzolat (WPI), Soya Protein İzolatı (SPI)	$\alpha$ -Tocopherol	Antioksidan	Hidrokoloid matrisler $\alpha$ -Tocopherol ü bozulmalara karşı koruyabilir.	(Fabra, López-Rubio, & Lagaron, 2016)
Zein	Timol ( THY)/ $\gamma$ -CD IC	Timol	Antibakteriyel	THY / $\gamma$ -CD-IC-NF'ye (2:1) sahip zein nanofiberleri, et örnekleri üzerindeki bakteriyel büyümenin önlenmesinde en yüksek verimliliği gösterdi.	(Aytac, Ipek, et al., 2017)
Zein	Polihidroksibutirat (PHB) filmi, Sinnamealdehit (CNMA)	CNMA	Antiviral	Feline calicivirus'u (FCV) inaktive etti ve murin norovirüs (MNV) titreleri 2.75 log10 ile hafifletti.	(Fabra et al., 2016)

Peyniraltı suyu proteini ile yapılan bir başka çalışmada ise elektroçirilebilirliği stabil hale getirmek için Poli etilenoksit (PEO) eklenmiş solüsyona aktif ajan olarak beta-laktoglobulin (BLG) ilave edilmiştir. Antimikrobiyal, ısı kapasite ve elektroçirilebilirliğin analiz edildiği çalışmada test sonuçlar başarılı bulunmuştur (Sulvian ve ark., 2014). Bir diğer çalışmada soya protein izolatu, kitin kristal süspansiyonu ve plastikleştirilmiş gliserol ile karıştırılarak elektroçirme solüsyonu hazırlanmıştır. Elde edilen solüsyon elektroçirme düzeneğinde film haline getirilmiştir. Deney sonucunda filmlerin mekanik ve biyolojik özellikleri analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrutusunda mekanik ve biyolojik özelliklerinin yeterince başarılı olduğu ve film yapımında kullanılabileceği tespit edilmiştir (Lu ve ark., 2004)

Tablo 2. Hayvansal proteinlerden elde edilen nanofiberler ve gıda uygulamaları

Protein	Diğer Bileşenler	Aktif Ajanlar	Kullanım Amacı	Görülen Etki	Referans
Jelatin	Sığır Laktoferrini (bLF)	bLF	Antimikrobiyal	Yaklaşık %5 ve %10 bLF kaph fiberler ile sırası ile %90 ve %100 lük kayda değer bir antimikrobiyal aktivite gözlenmiştir.	(Padrao et al., 2015)
Jelatin ve Zein	Yeşil çay ekstraktı(GTE), Zerdeçal (Cur)	GTE, Cur	-	Zein bazı filmler su bazı gıdalar için daha uygun olduğu görülmüştür.	(Alehosseini, Gómez-Mascaraque, Martínez-Sanz, & López-Rubio, 2019)
Jelatin	Jelatin	Butylated hydroxyanisole (BHA)	Antimikrobiyal, Antifungal	Çileklerin raf ömrü bu fiber mat ile uzatılabildiği görülmüştür.	(Li et al., 2018)
Whey Protein İzolatı (WPI), Pullulan, Zein	Polihidroksibutirat-ko-valerat filmi	-	-	Boncuklu fiber morfolojisi olan WPI nano yapıları, zein ve pullulan fiberler gibi oksijen ve su geçirgenliğini azaltmadı.	(Fabra, López-Rubio, & Lagaron, 2014)
Balık Jelatini	Sığır Laktoferrin (L)	Sığır Laktoferrin	Antimikrobiyal	Filmler yüksek antimikrobiyal aktivite gösterdi.	(Alp-Erbay et al., 2019)
Jelatin, e-Poly-lizin	Gliserin	e-Poly-lizin	Antibakteriyel	Sığır etinin duysal ve renk özelliklerini değiştirmeden L.monocytogenes üzerinde mükemmel antibakteriyel etki gösterdi.	(L. Lin, Y. Gu, et al., 2018)

## SONUÇ

Gıdaların üretilmesinden tüketiciye ulaşıncaya kadar geçen süreçte, gıdaların enzimatik ve mikrobiyal olarak bozulmasını önlemek gıda endüstrisinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Doğal olarak bulunan bitki ve hayvansal proteinlerden elde edilen nanofiberler yine doğal olarak bitkilerden elde edilen antimikrobiyal ajanlar yüklenmesi ile birlikte koruyucu özellik kazanmaktadır. Koruyucu özellik kazanmış olan nanofiber ambalaj malzemeleri ile sarılan gıdaların bozulma süreçleri uzatarak tüketiciye daha taze ve güvenli gıdaların ulaştırılmasında katkı sağlayacaktır.

## KAYNAKLAR

- Bertrand, M.-E. ve Turgeon, SL (2007). Whey proteini izolatinın ksantan zımkı ilavesiyle geliştirilmiş jelleşme özellikleri. *Gıda Hidrokolloidleri*, 21 (2), 159-166.
- Chandan, R. C., & Shah, N. P. (2006). Functional foods and disease prevention. In R. C. Chandan (Ed.), *Manufacturing Yogurt and Fermented Milks* (pp. 311e325). Ames, IA: Blackwell Publishing
- Cho, D., Netravali, AN ve Joo, YL (2012). Elektropsun soya proteini İzolatı /PVA hibrid nanofiberlerin mekanik özellikleri ve biyolojik olarak parçalanabilirliği. *Polimer Bozulması ve Kararlılığı*, 97 (5), 747-754.
- Demirci C. (2017). Ortak Eksenli Elektro-Eğrilmiş Sığır Serum Albumin Nanoliflerinden Ampisilinin Kontrollü Salımı. *Tobb Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyomedikal Mühendisliği Anabilim Dalı, Ankara, (Tez Danışmanı: Prof. Dr.Mehmet MUTLU )*
- Kanjanapongkul, K., Wongsasulak, S. ve Yoovidhya, T. (2010). Zein çözeltisinin elektropsunpin sırasında tıkanmanın araştırılması ve önlenmesi. *Uygulamalı Polimer Bilimi Dergisi*.
- Lu, Y., Weng, L. ve Zhang, L. (2004). Kitin Bıyıkları ile Güçlendirilmiş Soya Proteini İzole Termoplastiklerinin Morfolojisi ve Özellikleri. *Biyomakromoleküller*.
- Lyons, J., Li, C. ve Ko, F. (2004). Eriyik elektropsunng bölüm I: işleme parametreleri ve geometrik özellikler. *Polimer*, 45 (22), 7597-7603. doi: 10.1016.

- Mendes, AC, Gorzelanny, C., Halter, N., Schneider, SW ve Chronakis, IS (2016). Transdermal ilaç verilmesi için hibrid elektrospun kitosan-fosfolipid nanofiberleri. *Uluslararası Eczacılık Dergisi*, 510 (1), 48-56. doi: 10.1016
- Songchotikunpan, P., Tattiyakul, J. ve Supaphol, P. (2008). Balık derisinden jelatin ekstraksiyonu ve elektrospinning. *Uluslararası Biyolojik Makromoleküller Dergisi*, 42 (3), 247-255.
- Sundaray, B., Subramanian, V., Natarajan, T.S., Xiang,R.Z., Chang,C.C.(2004).Electrospinning of continuous aligned polymer fibers.*American Institute of Physics*.[DOI: 10.1063/1.1647685]
- Zhang, K., Wang, X., Jing, D., Yang, Y. ve Zhu, M. (2009). Çok ölçekli bir yapıya sahip biyonik elektrospun ultra ince lifli poli (L-laktik asit) yapı iskeleleri. *Biyomedikal Malzemeler*,4 (3), 035004.
- Zheng, J., He, A., Li, J., Xu, J. ve Han, CC (2006). Elektrospinning veya elektrospreyleme ile polistiren yüzeylerin kontrollü morfolojisi ve ıslanabilirliği üzerine çalışmalar. *Polimer*,47(20),7095-7102.
- Zheng, J., He, A., Li, J., Xu, J. ve Han, CC (2006). Elektrospinning veya elektrospreyleme ile polistiren yüzeylerin kontrollü morfolojisi ve ıslanabilirliği üzerine çalışmalar. *Polimer*, 47 (20), 7095-7102.
- Deitzel, J. M., Kleinmeyer, J., Harris, D. E. A., & Tan, N. B. (2001). The effect of processing variables on the morphology of electrospun nanolifs and textiles. *Polymer*, 42(1), 261-272.
- Thompson, C. J., Chase, G. G., Yarin, A. L., & Reneker, D. H. (2007). Effects of parameters on nanolif diameter determined from electrospinning model. *Polymer*, 48(23), 6913-6922.
- Tan, S. H., Inai, R., Kotaki, M., & Ramakrishna, S. (2005). Systematic parameter study for ultra-fine lif fabrication via electrospinning process. *Polymer*, 46(16), 6128-6134.
- Kumar, P. (2012). Effect of collector on electrospinning to fabricate aligned nano lif (Doctoral dissertation).
- Koski, A., Yim, K., & Shivkumar, S. (2004). Effect of molecular weight on fibrous PVA produced by electrospinning. *Materials Letters*, 58(3), 493-497.
- De Vrieze, S., Van Camp, T., Nelvig, A., Hagström, B., Westbroek, P., & De Clerck, K. (2009). The effect of temperature and humidity on electrospinning. *Journal of materials science*, 44(5), 1357.
- Theron, S. A., Zussman, E., & Yarin, A. L. (2004). Experimental investigation of the governing parameters in the electrospinning of polymer solutions. *Polymer*, 45(6), 2017-2030.

## Treatment of textile industry wastewater by sequential hybrid processes (photo-phenton, ultrafiltration (UF), reverse osmosis (RO)) and recovery of some dyes, salt and perfluoroalkyl sulfonate from the retentate

Delia Teresa Sponza (DT,0000-0002-4013-6186)

Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Buca-İzmir  
TURKEY

Corresponding author e-mail: delya.sponza@deu.edu.tr

### Abstract

In this study a sequential photo-phenton / UF/ RO process was used to treat the COD, COD-dis, DOC, colour salt and and recovery of some economical merits from the retentate of the RO (dyes, salt and perfluoroalkyl sulfonate). The photo-fenton experiments were carried out in a cylindrical pyrex thermostatic module with a volume of 1.5 L. The maximum yields for COD, CODdis BOD5 were around 34 -42% at a sunlighth power of 60 w/m2, at 2,5 mg/L FE(II), with 70 mg/l H2O2 at 30 °C temperature after 20 min contacting time. In the UF; poly(vinylidene fluoride) membran was used with a porosity of 32% containing a pore radius of 9,56 nm. The RO membrane volume was 2,8 L with a pre poly propylene yarn wound filter with a thin film composite (TFC) material as membrane containing pore sizes of 0.0002 micron. The effects of trans-membrane flux ( $J = 8, 12, 14 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) on the yields of pollutant parameters were studied in the last two membrane reactors. The COD, COD-dis, DOC, color, and TSS yields in photo-phenton and UF were 30%, 32%, 40%, 35% and 38%; and 89%, 92%, 89%, 92% 90%, respectively. The maximum COD, COD-dis, DOC, color, and TSS yields were 99,99% for all parameters in the permeate of the RO while methyl red dye, salt and perfluoroalkyl sulfonate were recovered at a flux of  $18 \text{ L m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ . 9600 mg/l methyl red dye, 9870 mg/l NaCl salt and 3960 mg/l perfluoroalkyl sulfonate was recovered from the retentates of UF and RO by using  $1 \text{ m}^3$  raw textile wastewater while the permeate of RO can be used as irrigation water.

**Keywords:** Photo-phenton, Ultrafiltration (UF), Reverse Osmosis (RO), Recovery, Reuse, Dyes, Salt, Perfluoroalkyl Sulfonate, Retentate

### INTRODUCTION

The textile industry contains large quantities of organic compounds which are not easily removed with chemical or biological treatment (Du et al., 2006). The treatment cost of textile wastewaters are high and these wastewaters high levels of COD, and organic chlorine due to the bleaching textile products. During heterogeneous photocatalytic oxidation high electrical energy demand are common problems among all the AOPs. The photo-Fenton reactions can use photons with wavelength close to 400 nm. The mixtures Fe(III)+H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (known as Fenton-like reactions) have shown photon absorption up to 550 nm (El-Ghenyny et al., 2012). In presence of Fenton reagent, photochemical reactions can be driven with photons of low energy, photons that belong to the visible part of the spectrum. Thus, photo-Fenton processes are a potential cost-reduced AOP that can be run under solar irradiation. Ultrafiltration is a membrane separation process, mostly used in the separation of macromolecules and colloids from a solution; solutes retained usually have molecular weights of a few thousand Daltons (Ghaubari et al., 2015). The ultrafiltration membrane process has limited applications in the textile industry; this is mainly because the molecular weights of the dyes present in the highly colored textile discharge are much lower than the molecular weight cut-off (MWCO) of the ultrafiltration membranes (Ghaly et al., 2001). Ultrafiltration (UF) is usually applied as a pre-treatment step in systems demanding a high degree of process stream purification; it is followed by processes such as ultrafiltration (UF), or reverse osmosis (RO) stages, which satisfy the demands on process water quality (Shon et al., 2005). Due to low water conductivity requirement for reuse purpose, reverse osmosis (RO) technology can be an optimal process for reuse of dyeing effluents (Hendersen et al., 2011). Although RO has become a viable technology for wastewater reclamation, high concentrations of dissolved organic matter (DOM) in the dyeing secondary effluent may cause severe fouling of RO membrane and lead to a great loss of membrane permeate flux and deterioration of treated water quality (Shon et al., 2006). Therefore, RO membrane fouling is still a major challenge in the reuse of some merts chemicals and proper pretreatment should be preceded as the first line of defense in controlling membrane fouling (Ang et al., 2007). Hence, advanced treatment of dyeing secondary effluent is necessary to not only meet the stringent discharge limit but also reduce RO

membrane fouling in reuse (Jarusutthirak, 2006). Advanced treatment methods, such as UF/MF, have been studied widely to remove refractory compounds. The advanced oxidation processes (AOPs) generally give good results, but are expensive. UF/MF are effective pretreatment technology to RO membrane (Lee et al., 2006).

Over recent years, water consumption, wastewater treatment, and the effluent reuse potential have become crucial factors for sustainable production. In this study a sequential photo-phenon / UF/ RO process was used to treat the COD, COD-dis, DOC, colour and turbidity and reuse of treated textile wastewater and recovery of some economical merits from the retentate of the RO (dyes, salt and perfluoroalkyl sulfonate). The effects of some operational conditions on the performance of sequential photo-phenon process, UF and RO were studied. Some economical substances were recovered from the retentates while the permeate of RO was used as irrigation water.

## MATERIAL AND METHODS

### Operational conditions

All experiments, were performed under solar irradiation, were conducted in a thermostatic cylindrical glass reactors of 1,5 liter of volume. Assigned amounts of Fe (II) and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations were added and they were continuously stirred with a magnetic bar. The experiments were conducted at 3 different different solar light powers were used according to the hours placed of the glass reactors to the atmosphere. The sun light power were 75, 85 and 50 W/m<sup>2</sup> for the hours between 12.30-14.30 (pm), 14.30-16.30 (pm) and at between 18.30- 20.30 pm during a day. The effects of increasing FE(II) (2,3,8 g/L), H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations (15, 40, and 60 mg/l), temperatures (21°C, 35 and 70°C) and contacting times (15 min, 50 min and 80 min) on the removal efficiencies of the pollutants in the used textile industry wastewater were studied.

### Reactor configurations

The UF process was made from poly(vinylidene fluoride) membrane with porosity of 32% containing a pore radius of 9,56 nm with a volume of 2 liters. Experiments were carried out under three different temperatures (25, 35, and 45 °C) in order to observe membrane performances at each temperature. The effects of eight pressures (between 0,2 bar and 10 bar) temperatures on the permeate fluxes were researched. The effects of increasing temperatures at constant pressure (6 bar) and constant permeate flux (200 L/h.m<sup>2</sup>) were studied on the volumes were studied in UF. The effects of increasing temperatures at constant CFV (8 m/s) and constant TMP (8 bar) on the adsorption resistance of UF was studied. RO membrane volume was 2,8 L with a pre poly propylene yarn wound filter to remove the suspended solids and has a thin film composite (TFC) material having pore sizes of 0.0002 micron. The effects of operating pressure and operating temperatures (varied between 25 and 45 bar and 20 and 60 °C) (flowrate (18 L/min, corresponding to crossflow velocity of 8,06 m/s) on the effects OR membrane performance were studied.

### Analytical procedures

Colour determination of the initial sample was carried out in a spectrophotometer at a wavelength of 465 nm, using 10 mm light path cells, according to Standard Methods (2018). COD, COD dis, DOC, TSS, turbidity, salt and BOD<sub>5</sub>, total polyphenols were measured according to Standard Methods (2018). Identifications of Benzene acetic acid, 3-Methyl benzoic acid, Decanoic acid, Undecanoic acid in textile wastewater was performed with GC-MS Agilent gas chromatograph equipped with a quadrupole HP mass selective detector was used. Samples were reconstituted to 100 µL in dichloromethane and 1 µL was injected in the GC. Identifications were carried out with the aid of the data base library WILEY. A capillary column HP-5MS (5% Phenyl Methyl Siloxane) with dimensions of 30 m, 250 µm, 0.25 µm was used. The carrier gas flow rate in the GC was 1.3 mL min<sup>-1</sup>. The sample injection was carried out with a 0.6 min of splitless time, at 250°C. The temperature program used during the GC-MS analysis ramped as follows: 70°C (3 min), 5°C min<sup>-1</sup> until 270°C (30 min). The retention times of Benzene acetic acid, 3-Methyl benzoic acid, Decanoic acid and Undecanoic acid were 10,80 min, 12,90 min, 16,26 min and 20,68min, respectively with recoveries of 97-98.60%. Perfluoroalkyl sulfonate recovered from the retentates of UF and RO was measured in HP-LC/MS by using methanol and acetone/acetonitrile (80:20, v/v) solvents.

The characterization of textile industry wastewater is illustrated in Table 1.

Table 1. Characterization of raw textile industry wastewater

Parameter	Unit (mg/l)
COD	18.000
COD dis	14.000
BOD <sub>5</sub>	7600
TSS	12.000
Colour	8 m <sup>-1</sup>
pH	5-8 (unitless)
Turbidity	12.000 mhos
Salt	8760
<b>Total polyphenols</b>	890
Benzene acetic acid	300
3-Methyl benzoic acid	590
<b>Total Linear acids</b>	560
Decanoic acid	250
Undecanoic acid	270
Dye (methyl red)	680
Perfluoroalkyl Sulfonate	1230

## RESULTS AND DISCUSSION

### Effect of sun lighth power on pollutant removals in photo phenton process

The maximum COD, COD<sub>dis</sub>, DOC, colour, TSS and BOD<sub>5</sub> yields were detected at 85 W/m<sup>2</sup> sun lighth power which is the maximum power of sun lighth after 50 min contacting time (Table 2). The sunlight manages the photo-Fenton reactions, produces additional hydroxyl radicals and provides the recovery of Fe(II) needed in the Fenton reaction. The photo-Fenton process can be contained the direct photolysis of ferric ion or photolysis of Fe(III)-peroxy complexes (4). It can be manage the ligands to substance charge transfer in the photolabile complexes formed by Fe(III) and organic compounds.

Table 2. The effect of sun lighth power on the removals of pollutants at constant Fe(II) (8 mg/l) and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (40 mg/l) concentrations and 50 min contacting time.

Hours/ Sun lighth power ( W/ m <sup>2</sup> )	Removal Efficiency (%)					
	COD	COD dis	DOC	Colour ( m <sup>-1</sup> )	TSS	BOD <sub>5</sub>
12.30- 14.30 ( 85 )	60	40	40	30	23	29
14.30- 16.30 ( 75 )	50	41	40	26	14	30
18.30- 20.30 ( 50 )	40	32	30	20	9	25

### Effects of increasing Fe +2 concentrations on the yields of pollutant parameters at constant sunlighth power and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations

Increasing initial quantities of iron in solution produce increasing removals in the pollutants for 50 min contact time. Although with 2 and 3 mg/l Fe(II) concentrations the removals of all pollutants increased significantly the maximum pollutant yields was detected with 8 mg/l Fe (II) concentration (Table 3). The reaction with more Fe(II) proceeds at a faster rate, produces pollutant decays with an optimum Fe (II) concentration of 8 mg/l. After these Fe (II) concentrations the pollutant yields decreased. This can be explained by taking into account that Fenton reaction, is completed with 8 mg/l Fe (II) between 50 min. Furthermore, larger Fe(II) loadings were detrimental in the photo-phenton reactions due to the low concentration of OH. Therefore, it was needed more time to manifest, and their effects appear only for long enough reaction times.

Table 3. The effect of Fe (II) concentrations on the yields of pollutant parameters at constant sunlight power (5 W/m<sup>2</sup>) and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (40mg/l) concentrations at hours between 12.30- 14.30 after 50 min contacting time.

Fe +2 concentrations ( mg/l)	Removal Efficiency (%)					
	COD	COD dis	DOC	Colour ( m-1)	TSS	BOD5
2	15	27	28	23	12	18
3	42	44	45	29	13	32
8	50	54	56	40	23	48
12	32	33	34	20	10	28
15	31	32	30	20	9	25

#### Effects of increasing H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations on the yields of pollutant parameter at constant sunlight power, constant Fe (II) concentration and temperature

The maximum pollutant yields were detected at a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentration of 60 mg/l in the presence of both H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and Fe(II) under 85 W/m<sup>2</sup> sun light irradiation (Table 4). The COD, CODdis, DOC yields were around 70% while the colour, TSS and BOD5 reductions were low after 50 min contacting time.

Table 4. The effect of increasing H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations on the yields of pollutant parameters at constant sunlight power (85 W/m<sup>2</sup>) and Fe (II) (3 mg/l) concentrations at hours between 12.30- 14.30 at a sunlight power of 85 W/m<sup>2</sup> after 50 min contacting time

H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> concentrations ( mg/l)	Removal Efficiency (%)					
	COD	COD DIS	DOC	Colour ( m-1)	TSS	BOD5
15	20	24	26	23	11	18
40	49	49	48	36	22	38
60	38	38	39	29	22	28
70	33	34	32	24	19	28
80	30	31	32	26	23	4

#### Effects of increasing temperature on the yields of pollutant parameters at constant sunlight power, Fe (II) and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations

The beneficial effect of temperature was tested in a set of experiments at five different temperatures (21°C, 35°C and 45°C). The maximum pollutant yields were detected at 35 °C (Table 5). The increase of temperature elevated the COD, COD dis, DOC, Colour, and BOD5 yields from 47%, 47%, 46%, 34%, 36% to 55%, 56%, 52%, 39% and 43%, respectively. Further increase of temperature did not affect positively the pollutant yields. No significant effect of temperature increase on the yields of TSS was detected. When the experiment was carried out at high temperatures more than 35 °C the levels of pollutant removal yields remained constant as are at 35 °C. Under optimum operational conditions enough OH radicals through the photo-Fenton reaction accelerated with temperature. The temperature seems to be assisting alternative ways of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> cleavage and OH• formation, or Fe(II) recovery. Temperature is a key parameter that has to be taken into account, specially for the maximum removal yields of pollutants. This can be increased the optimum temperatures (in this study 35 °C). Therefore, the yields can be increased by using low cost heating.

Table 5. The effect of increasing temperatures on the yields of pollutant parameters at constant sunlight power (85 W/m<sup>2</sup>) and Fe (II) (8 mg/l) concentrations at hours between 12.30- 14.30 at a sunlight power of 85 W/m<sup>2</sup> after 50 min contacting time

Temperature (°C)	Removal Efficiency (%)					
	COD	COD DIS	DOC	Colour ( m-1)	TSS	BOD5
21	47	47	46	34	19	36
35	59	59	58	42	26	48
45	58	58	57	39	25	47

### Effects of increasing contact times on the yields of pollutant parameters at constant sunligth power, Fe(II) and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> concentrations

The effect of increasing contact times on the yields of pollutant parameters was tested at four different contact times (15 min, 50 min, 80 min). The maximum pollutant yields were detcted at 50 min ( **Table 6**). The increase of contacting time did not increase the COD, cod DİS, doc, Couleur, TSS and BOD<sub>5</sub> yields significantly.

Table 6. The effect increasing contact times on the yields of pollutant parameters at constant sunligth power ( 85 W/m<sup>2</sup> ) ana Fe (II) (8 mg/l) concentrations at hours between between 12.30- 14.30 at a sunligth power of 85 W/m<sup>2</sup> after 50 min contacting time

Contact times ( min)	Removal Efficiency (%)					
	COD	COD DİS	DOC	Colour ( m-1)	TSS	BOD <sub>5</sub>
15	41	41	42	30	22	40
50	58	58	57	43	29	48
80	51	52	50	38	20	42

The initial COD, CODdis , DOC, colour, TSS ana BOD<sub>5</sub> decrease due to photo-Fenton reactions. Fe(II) is a limiting chemical since as long as Fe(II) is available the same initial reaction rate is expected. Under the experimental conditions tested here, Fe(II) consumption takes place in few seconds, producing the majority of pollutants decrease after 15 min of reaction and reached to a maximum after 50 min contacting time. This showed that why at short contacting-reaction times; the maximum removals was detected. This can be explained by taking into account that the photo-fenton reactions completed with 8 mg/l Fe (II) between 50 min. Futhermore, larger Fe(II) load were detrimental in the reactions due to the low concentration of OH generation. Although increasing contacting times gives the larger ratio of pollutant removals up to an optimum contact time. The high contact times exhausts the H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> through non efficient photochemical reactions. Excess of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> or Fe (II) might be detrimental, since these species can react with some of the intermediates like OH, responsible for the direct oxidation of the organic load. Thus, in order to check the effect that different reagent ratios on the reactions, experiments with several ratios of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe(II) were also conducted. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe(II) ratio there is a clear reduction in the initial amount of Fe(II) used, and an important role played in the photo-Fenton tratment processes. The use of large quantities of Fe has a negative effect on the pollutant yields since it implies the need of an additional treatment step for Fe removal. The optimum H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/Fe(II) ratio for this study was 40: 8 =5.

### Effect of TMP on the variations of permeate fluxes at increasing temperatures in UF

The water membrane permeability was determined by measuring the permeate flux of textile wastewater and deionized water (**Tables 6 and 7**) at different temperatures ( 25, 35 and 45 °C) and the CFV was adjusted to 8 m/s. The temperature effect on the UF process was investigated at increasing temperatures. The values of water permeability obtained at 25 °C, 35 and 45 °C were 180,24 , 204,89, and 216,53 L/h m<sup>2</sup>bar, respectively. It was found that the temperature increase leads to higher deionized water and textile wastewater permeate fluxes due to an increase of the mass-transfer coefficient (Bes-Pia et al.,2003; Lee et al., 2006).

Table 6. Variation of permeate fluxes at increasing temperatures in textile wastewater

Temper ature (°C)	Pressure (bar)	J (L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Tempe rature (°C)	Pressure (bar)	J ( L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Temper ature (°C)	PPress ure (bar)	J ( L.h-m-2)
25	0,1	87	35	0,5	90	45	0,6	94
	0,7	105		1,0	120		1,2	130
	1,0	125		1,6	140		1,8	169
	1,2	198		2,0	210		2,2	235
	2,1	265		3,0	260		3,2	355
	3,1	409		4,0	460		4,3	540



Table 7. Effect of TMP on the variation of permeate fluxes at increasing temperatures in deionised water

Temperature(°C)	Pressure (bar)	J ( L.h-1m-2)	Temperature(°C)	Pressure (bar)	J ( L.h-1m-2)	Temperature(°C)	Pressure (bar)	J ( L.h-1m-2)
25	0,4	90	35	0,6	90	45	0,7	97
	1,0	120		1,2	124		1,4	139
	1,3	140		1,8	144		1,9	172
	1,7	200		2,2	220		2,5	237
	2,8	298		3,2	277		3,4	358
	4,0	410		4,2	469		4,5	549

The values of  $J_p$  for textile wastewater conditions were not lower than  $J_p$  initial values for deionized water at operational conditions given in Materials and Methods. This indicated that there was not a significant decrease in permeate flux during the experiments in textile wastewater compared to deionized water. The permeate flux was not declined due to membrane fouling in the textile wastewater since an adsorption of organic pollutants onto the membrane surface and into the pores or a concentration polarization and a cake formation were not detected. As the temperature increased the  $J_p$  values also increased. No differences between deionized water and textile wastewater  $J_p$  values were detected at higher TMP. As a result, the permeate flux was not decreased in the textile wastewater since no membrane fouling was detected. Initially, the permeate flux increased with an increase in operating pressure. At TMP higher than 3,4 bar, no accumulation of solute particles near the membrane surface and the formation of a cake layer was not detected. In this study, when feed pressure increases, a thicker and compacted cake layer was obtained at the equilibrium state. As shown in **Tables 6 and 7**, the increasing of TMP from 0.1bar up to 4.3 bar and from 0.4 bar up to 4.5 bar increases the permeate flux in textile industry wastewater and deionized water, respectively(Corralet al., 2014).

#### Variations of Cumulative Permeate volumes (Vp) at 8 bar pressure and at 200 L/h. m-2 permeate flux at increasing temperatures versus times in deionised water and textile wastewater in UF

In this study, in the textile wastewaters it was found that the permeate flux was not declined significantly at higher temperatures versus time(**Table 8**).At 35 °C temperature, for a fixed TMP of 8 bar, permeate flux decreased by 0,8% from its initial value when the operating temperature was set at 35 °C. The permeate flux increased as temperature increases from 30 °C up to 45 °C. This showed that the membrane fouling was not occurred via concentration polarization at higher temperature. In other words, at higher temperatures the formation of cake layer was not detected and permeate flux is increased. At increasing temperatures, the permeate flux increases. Increasing of temperature decreases the viscosity, as a result of increasing of permeation flux [14]. The increasing of temperature increases the osmotic pressure and this increases the permeate flux by decreasing the permeation flux.It should be noted that the elevation of temperature increases the energy cost and the membranes in the UF were destroyed at high temperatures. Therefore, the membranes should be changed. In this study the utilized UF membrane was made from poly(vinylidene fluoride) and exhibited thermal stability compared to the other polymeric membranes.

Table 8. Variation of Cumulative Permeate volumes (Vp) at 8 bar pressure and at 200 L/h. m2 permeate flux at increasing temperatures versus times in textile wastewater

Temperature (°C)	Cumulative volume (L)	Time (min)	Temperature(°C)	Cumulative volume (L)	Time (min)	Temperature(°C)	Cumulative volume (L)	Time (min)
25	0	30	35	0	30	45	0	30
	0,3	40		0,4	40		0,5	40
	0,5	50		0,6	50		0,7	50
	0,9	60		1,1	60		1,2	60
	1,9	70		2,1	70		2,4	70
	2,3	80		2,6	80		2,9	80

The cumulative permeate volume  $V_p$  obtained as a function of time for the poly(vinylidene fluoride) UF membrane at increasing temperatures and at constant CFV = 8 m/s was illustrated in Table 9 for deionised water.

Table 9. Variation of Cumulative Permeate volumes (Vp) at 8 bar pressure and at 200 L/h. m<sup>2</sup> permeate flux at increasing temperatures versus times in deionised water

Temperature (°C)	Cumulative volume (L)	Time (min)	Temperature(°C)	Cumulative volume (L)	Time (min)	Temperature(°C)	Cumulative volume (L)	Time (min)
25	0	30	35	0	30	45	0	30
	0,8	40		0,98	40		1	40
	0,9	50		1,22	50		1,43	50
	1,4	60		1,55	60		1,68	60
	2,6	70		2,79	70		2,99	70
	3,4	80		3,90	80		4,19	80

The cumulative volumes increased with time at increasing temperatures however, a significant decrease was not occurred in the permeate rate. The volumes increased with increased temperature. The ANOVA statistical analysis showed there was a linear relationship between the permeate volumes of pure water and textile wastewater with time and increasing temperature at constant  $J_p$  of 200 L/h. m<sup>2</sup>. The slightly lower values of Vp obtained from the textile wastewater in the comparison to distilled water were not due to the fouling of the poly(vinylidene fluoride) UF membrane used in this study.

#### Effect of temperature on permeate flux versus volume retention factor ( CVF= 8 m/s, pressure 6 bar) in UF

Table 10 shows the effect of temperature on permeate flux decline versus volume retention factor . The permeate flux( 200 L/h m<sup>2</sup> ) was not decreased significantly with VRF increases since no significant fouling was observed in this study. The results of this study showed that shows constant permeate fluxes at 320, 340 and 401 L/h m<sup>2</sup> at a CVF of 8 m/s at varying CRF ration of 0,35-0,95 at increasing temperatures of 25, 35 and 45 °C, respectively. No significant decreases on the permeate flux was noticed at decreasing temperature and VRFs.

Table 10. Effect of temperature on permeate flux decline versus volume retention factor .

Temperature (°C)	J ( L.h-m-2)	VRF ratio	Temperature(°C)	J ( L.h-m-2)	VRF ratio	Temperature(°C)	J ( L.h-m-2)	VRF ratio
25	400	0,3	35	405	0,36	45	409	0,49
	390	0,4		396	0,47		418	0,56
	380	0,5		392	0,58		427	0,59
	370	0,6		381	0,65		437	0,79
	360	0,7		392	0,7		443	0,85
	360	0,8		392	0,85		443	0,95

#### Removal of Pollutants in textile industry for UF

The UF membrane process was studied at two J in order to detect the pollutant removals. It was found that the pollutant yields were slightly higher at 600 L.h-m<sup>-2</sup> permeate flux than at 100 L.h-m<sup>-2</sup> permeate flux( **Table 11**). High removal yields were detected for COD, CODdis, TOC, DOC, turbidity, color, total polyphenols, individual polyphenols namely “Benzene acetic acid and 3-Methyl benzoic acid( 85-92%). The individual linear acid yields (Decanoic acid and Undecanoic acid) removals were also high ( 93%). However low removal yields was detected for salt, dye, TSS and Perfluoroalkyl Sulfonate( 78% )( Table 11)

Table 11. Removal efficiencies of pollutants in textile industry versus permeate fluxes

Parameters	J = 100 ( L/h.m2)	J=600 ( L/h.m2)
	Removal efficiency %	Removal efficiency %
COD	89%	93%
COD dis	89%	93%
TOC	85%	90%
DOC	88%	92%
Colour	88%	89%
Total polyphenol	86%	89%
Turbidity	86%	95%
Salt	56%	78%
TSS	56%	78%
<b>Individual polyphenols</b>		
Benzene acetic acid	87%	89%
3-Methyl benzoic acid	88%	90%
<b>Individual Linear acids</b>		
Decanoic acid	87%	91%
Undecanoic acid	89%	91%
Dye (methyl red)	61%	76%
Perfluoroalkyl Sulfonate	67%	77%

#### Variation of permeate flux in deionised water and textile industry wastewater in RO

The operating pressure and operating temperature varied between 25 and 55 bar and 25, 35 and 45 °C, respectively, while the feed flowrate was maintained constant as 18 L/min. The corresponding crossflow velocity changed from 2,8 to 5,78 m/s in order to detect the effects of increasing RO pressure and temperature on the RO membrane performance. A Linear relationship between permeate flux and osmotic pressure for both pure water and textile wastewater (Tables 12 and 13) was detected. As the temperature was increased from 20 °C up to 30 and 40 °C the osmotic pressure was increased. No significant differences between deionised water and textile wastewater of osmotic pressures were detected.

Table 12. Relations between Permeate flux and osmotic pressure for RO membrane in textile wastewater for increasing temperatures

Temperature (°C)	Permeate flux ( L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Π <sub>f</sub> (osmotic pressure, bar)	Temperature (°C)	Permeate flux ( L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Π <sub>f</sub> (osmotic pressure, bar)	Temperature (°C)	Permeate flux ( L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Π <sub>f</sub> (osmotic pressure, bar)
25	7	5	45	9	7	55	12	9
	12	7		15	9		16	19
	18	15		20	17		24	28
	24	18		26	19		28	29
	36	24		36	29		39	39
	44	28		46	35		48	38

Table 13. Relations between Permeate flux and osmotic pressure for RO membrane in deionised water for increasing temperatures

Temperature (°C)	Permeate flux (L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Π <sub>f</sub> (osmotic pressure, bar)	Temperature (°C)	Permeate flux (L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Π <sub>f</sub> (osmotic pressure, bar)	Temperature (°C)	Permeate flux (L.h <sup>-1</sup> m <sup>-2</sup> )	Π <sub>f</sub> (osmotic pressure, bar)
25	8	7	45	9	8	55	12	10
	12	10		14	10		17	13
	18	18		20	17		24	19
	22	22		26	19		29	26
	34	26		38	27		42	37
	43	30		47	29		51	34

### Variation of permeate fluxes versus increasing temperature, pressures flow rates and cross flow velocities in RO

In order to detect the effects of some operational conditions on the variation in permeate fluxes; the RO was operated at increasing temperatures (25, 35 and 45 °C), cross flow velocities (3 m/s, 7 and 9 m/s), feed flow rates (8, 14, 18 L/min) and pressures (8, 16 and 22 bar). The maximum permeate flux was detected at 45°C temperature, at 9, 14 and 19 m/s crossflow velocities at 22 bar (**Table 14**). No significant flux decay was detected (04%) under these operational conditions and minor flux decrements were detected. The minimum permeate flux was detected at 25 °C temperature, 8 L/min flowrate and 8 bar pressure. A significant initial flux decay was not detected due to incrementing of the tangential velocity resulting in highest flux decline (Figuroa et al., 2011). The reason of this were not lower operating pressure (8 bar) and a weaker driving hydrodynamic force. Although these factors leads to increment of the concentration of particles near the membrane surface, as reported by Xu et al., (2010) no significant initial flux declinings was detected for the aforementioned operational conditions. After initial minimal flux declinings which are not significant, the fluxes reached to a constant plateau.

Table 14. Variation of permeate fluxes versus increasing temperature, pressures flow rates and cross flow velocities in RO

Temperature (°C)	Time (min)	Permeate flux (L/h.m <sup>2</sup> )	Crossflow velocity (m/s)	Temperature (°C)	Crossflow velocity (m/s)	Permeate flux (L/h.m <sup>2</sup> )	Temperature (°C)	Permeate flux (L/h.m <sup>2</sup> )	Crossflow velocity (m/s)
25	10	13	9	35	14	29	45	35	19
	30	15				29		35	
	60	18				34		34,9	
	90	20				37		34,8	
	120	22				42		34,7	
	150	28				49		34,7	

### Treatment of pollutants in RO

Complete rejection of phenols, COD, CODdis and the other parameters was successfully achieved during RO experiments (**Table 15**). The rejection coefficients and removal yields (%) of the pollutants in the permeate are given in Table 15. Due to the organic content of the solutes concentration in the bulk was low a concentration gradient increase was not detected across the membrane. Reduced hydrodynamic shear in the vicinity of the valley regions of the membrane used in RO prohibits the suspended and colloidal organic matter adsorption and deposition. As a result, a resistance occurred to the fouling. This hinders the transport of pollutants on the pore of the membranes.

Table 15. Removals and rejection percentages of pollutants in RO

	Removal efficiency %	Rejection efficiency %
COD	100	99,99
COD dis	100	99,99
TOC	100	99,99
DOC	100	99,99
COLOUR	100	99,99
Total polyphenol	99,99	99,99
Salt	99,99	99,99
TSS	100	99,90
Individual polyphenols: 3-Methyl benzoic acid	99,99	99,99
Benzeneacetic acid	99,99	99,99
Linear acids :	99,99	99,99
Decanoic acid	99,99	99,99
Undecanoic acid	100	99,99
Dye (methyl red)	100	99,99
Perfluoroalkyl Sulfonate	100	99,99

**Extraction of dye (methyl red), salt and Perfluoroalkyl Sulfonate from the retentates of RO**  
**Recovery of sodium chloride from evaporated residue of RO rejects**

The retentate samples were evaporated and precipitated. The residue of RO rejects has been dissolved in water to prepare saturated NaCl solution. The increase in ionic concentration in the saturated solution shifts the reaction to backward direction by common ion effect. In this study, hydrogen chloride gas was prepared and purged to increase the concentration of  $\text{Cl}^-$  ions in the NaCl solution. The incremental increase in  $\text{Cl}^-$  ion concentration shifted dynamic equilibrium by increasing the ionic product of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$ . The ionic product of  $\text{Na}^+$  and  $\text{Cl}^-$  exceeded the solubility product of sodium chloride [solubility product of NaCl, ( $K_{sp}$ ) is  $36 \text{ (mol/L)}^2$ ] and thus the precipitation of sodium chloride was achieved from the saturated solution of NaCl. The supernatant solution was taken in reactive precipitation reactor and HCl gas has been purged continuously for the reactive precipitation of sodium chloride. The required HCl is being prepared and used spontaneously. After successful purging of HCl gas the sodium chloride salt is separated out from the solution by reactive precipitation. From 980 mg/l NaCl total 9870 mg/l salt recovered from the retenta of RO from  $1 \text{ m}^3$  textile wastewater.

**Recovery of Methyl red (MR) dye from the retentate of UF and RO**

The MR concentration in the feed and in the concentrate was measured. The calculated MR concentration in the retentate was obtained by the total mass balance of MR in the feed and in the draw solution, assuming no adsorption of dye to the membrane surface and is correlated with actual MR concentration by taken into consideration the concentration factor ( Tables 15 a and b)

Table 15 a. MR mass concentrations

MR mass in the retentate ( $1 \times 10^{-3}$ g)	Time (mn)	MR mass ( g)
0,4	100	0,3
0,8	200	0,8
1	300	1
2	400	1,2
3	500	2,8
4	600	3,9

Table 17b.MR dye recovered from the retentate

MR mass in the retentate ( $1 \times 10^{-3}$ g)	Time (min)	MR concentration ( g/l)	Calculated MR concentration( g/l)	Actual dye concentration( g/l)	Concentration factor
0,4	200	2	2,1	2,15	3
0,8	400	4	4,1	4,18,	4
1	600	6	6,1	6,20	8
2	800	8	8,1	8,19	12
3	1000	10	10,1	10,2	18
4	1200	12	12,1	12,9	20

From 680 mg/l dye 9600 mg/l MR was recovered from the retentate of RO from 1 m<sup>3</sup> textile wastewater.

#### ***Recovery of perfluoroalkyl sulfonate from the retentate of RO***

100 g retentate samples containing perfluoroalkyl sulfonate was mixed with 5 ml distilled water and 70 ml methanol during 1 h. Then it was dried at 40° C under N<sub>2</sub> gas purging. The extracted mixture was placed to the methanol/ water liquid. It centrifugated at 3000 rpm<sup>2</sup> and the extract was placed to the 0.3 ml vials. It was measured in HPLC-MS. From 1430 mg/l perfluoroalkyl sulfonate 3960 mg/l perfluoroalkyl sulfonate recovered from the retentates of UF and RO from 1 m<sup>3</sup> textile wastewater.

#### **CONCLUSIONS**

The degradation of the organic content of a textile bleaching effluent has been successfully carried out by the simultaneous use of Fenton reagent under sun light irradiation. Solar light irradiation was found to be highly effective, opening the possibility of extended low cost applications. Temperature was a key parameter, markedly increasing reaction rates. The maximum COD, COD<sub>dis</sub>, DOC, Total polyphenol, TSS yields was detected at a permeate flux of 200 L/h.m<sup>2</sup> at constant CFV of 8 m/s) and a constant pressure of 6 bar. The results of the RO operation showed that RO has great effects on the removals of residual color and remaining salt from the RO at pressures between 6 and 18 bar and permeate fluxes between 13- 34,7 L/ h<sup>-1</sup>m<sup>2</sup>.RO. Water quality indexes for RO effluent all satisfied the reuse standards of recycled water. Color, COD<sub>cr</sub>, hardness, Cl<sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> all satisfied the standards of domestic drinking water(data not shown). Furthermore, NH<sub>3</sub>-N, TN, TP, Hardness, Total alkalinity, Conductivity, Turbidity are not detectable in the permeate of RO. Overall Efficiency showed good performance in water reuse treatment. The RO system achieved the highest removal rate of pollutants. The combined processes showed good performance in water reuse treatment. Salt, methyl red dye and perfluoroalkyl sulfonate were successively recovered from the retentates of UF and RO.

#### **REFERENCES**

- Ang ANG, Elimelech M 2007. Protein (BSA) fouling of reverse osmosis membranes: implications for wastewater reclamation. J. Membr. Sci., 296: 83-92
- Bes-Pia A, Mendoza-Roca JA, Roig-Alcover L, Iborra-Clar A, Iborra-Clar MI, Alcaina M 2003. Comparison between nano-filtration and ozonation of biologically treated textile wastewater for its reuse in the industry. Desalination, 157: 81-86
- Corral AF, Yenal U, Strickle R, Yan DX, Holler E, Hill C, Ela WP, Arnolda RG 2014. Comparison of slow sand filtration and microfiltration as pretreatments for inland desalination via reverse osmosis. Desalination, 334: 1-9

- Du Y, Zhou M L, Role L 2006. Intermediates in the degradation of phenolic compounds by Fenton-like process. *J Hazard Mater*, 136 : 859-865
- El-Ghenymy A, Garcia-Segura S, Rodríguez RM, Brillas E, El Begranib M, Abdelouahid B 2012. Optimization of the electro-Fenton and solar photoelectro-Fenton treatments of sulfanilic acid solutions using a pre-pilot flow plant by response surface methodology. *J Hazard Mater*, 221–222 : 288-297
- Figueroa RAR, Cassano A, Drioli E 2011. Ultrafiltration of orange press liquor: optimization for permeate flux and fouling index by response surface methodology. *Sep. Purif. Technol.*, 80: 1-10
- Ghanbari F, Moradi A M 2015. Comparative study of electrocoagulation, electrochemical Fenton, electro-Fenton and peroxi-coagulation for decolorization of real textile wastewater: electrical energy consumption and biodegradability improvement. *J Environ Chem Eng*, 3: 499-506
- Ghaly MY, Härtel G, Mayer R, Haseneder R 2001. Photochemical oxidation of p-chlorophenol by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> and photo-Fenton process. A comparative study. *Waste Manag*, 21: 41-47
- Henderson RK, Subhi N, Antony A, Khan SJ, Murphy KR, Leslie GL, Chen V, Stuetz RM, Le-Clech P 2011. Evaluation of effluent organic matter fouling in ultrafiltration treatment using advanced organic characterization techniques. *J Membr Sci*, 382: 50-59
- Jarusutthirak C, Amy G, Croue JP 2006. Role of soluble microbial products (SMP) in membrane fouling and flux decline. *Environ. Sci. Technol.*, 40: 969-974
- Lee S, Ang WS, Elimelech W 2006. Fouling of reverse osmosis membranes by hydrophilic organic matter: implications for water reuse. *Desalination*, 187: 313-321
- Shon HK, Vigneswaran S, Aim RB, Kim IS, Cho J, Ngo HH 2006. Fouling of ultrafiltration membrane by effluent organic matter: a detailed characterization using different organic fractions in wastewater. *J. Membr. Sci.*, 278: 232-238
- Shon HK, Vigneswaran R, Aim RB, Ngo HH, Kim IS, Cho J 2005. Influence of flocculation and adsorption as pretreatment on the fouling of ultrafiltration and nano-filtration. 2005. *Membranes: application with biologically treated sewage effluent. Environ Sci Technol*, 39, 3864-3871
- Standard methods for the examination of water and wastewater, 23rd edition, book by American Water Works Association/American Public Works Association/Water Environment Federation, 2017, editors: E.W. Rice, R.B. Baird, A.D.
- Xu J, Chang CY, Gao C 2010. Performance of a ceramic ultrafiltration membrane system in pretreatment to seawater desalination. *Sep. Purif. Technol.*, 75: 165-173

## Treatment of leather industry wastewater with sequential forward osmosis (FO) and reverse osmosis (RO) hybrid processes and recoveries of economical merit materials

Delia Teresa Sponza (DT,0000-0002-4013-6186)

Dokuz Eylül University, Engineering Faculty, Environmental Engineering Department, Buca-İzmir  
TURKEY

Corresponding author e-mail: delya.sponza@deu.edu.tr

### Abstract

A pre-treatment step was used with a 40 micron pore size cartridge before FO experiments. FO membrane was made from commercial cellulose triacetate (CTA). The variation of the increasing of water flux (5, 12 and 25 L/m<sup>2</sup>.h) on the draw solute concentrations and effects of operating times (40, 70, 90 and 130 min) on the water flux were studied in FO membrane. The variation of recovery percentage versus time and the effects of flow rates (50-400 L/h) on the rejection efficiency and on the removals of the pollutant in leather industry were studied in FO. RO experiments were performed in a spiral wound membrane. Effect of increasing pressures (3, 8, 14 and 25 bar) and operating times (25, 45, 85 and 125 min) on the permeate flux were studied at a temperature of 21 °C. At higher draw solution at constant pressure both rejection and water flux increased in FO. The recovery percentage both in distilled water and in leather industry versus operating time in FO. Flow rate flux decreased slightly throughout 80 min of operation, then it reached at a plateau at  $J_w$  values of 360 and 540 L/m<sup>2</sup>.h and 265 L/m<sup>2</sup>.h, respectively. The maximum COD, turbidity, conductivity, TS, SS, sulphate, chloride and chromium and colour removals were 90%, 89%, 91%, 91%, 91%, 88%, 90%, 87% and 91%, respectively, in the permeate of the FO at 25 bar pressure while the removals of these parameters varied between 98% and 99% in RO at a transmembrane pressure of 30 bar. The highest permeate flux was detected as 781 and 760 L/h.m<sup>2</sup> after 50 min in distilled water and in leather industry, respectively. The permeate of the RO meet with the Discharge Standards of Water Quality for Irrigation water. Chromium, and gelatine were recovered from the RO retentate/concentrate. In order to treat 10 m<sup>3</sup> leather industry wastewater the total cost was calculated as 1,01 USD.

**Keywords:** Forward osmosis (FO), Reverse Osmosis (RO), Recovery, Collagene, Gelatine, Chromium, Retentate, pressure, permeate flux, draw solution, feed solution

### INTRODUCTION

During leather processing, various tanning agents are used along with huge quantity of fresh water where 90% of the used water is discharged as effluent (Ramteke et al., 2013). Often this generated wastewater does not receive effective treatment as demanded by effluent discharge limits prior to discharge to the environment in absence of strict compliance mechanism (Mandal et al., 2010). The tannery effluent is generally characterized by high turbidity, foul smell and a range of high strength (Blandin et al., 2014) chemicals represented by high COD (Chemical Oxygen Demand). The major contaminants were chromium, sulphide, volatile organic compounds, suspended solids and huge amount of inorganic solid wastes (Purkait et al., 2005). Leather production is a water intensive industry. Water usage is 15 to 40 m<sup>3</sup> of water for the production of 1 ton of wet-salted raw hides and 110-260 liters. In many countries water has become an insufficient commodity and the costs for water supply and discharge increases regularly. In addition, its availability depends on the variability and seasonal variation of the climatic conditions. It is foreseeable that in the future these dynamics will probably become more serious. Large volume of wastewater discharge with high levels of chemical and organic pollutants poses serious threat to the surface water environment to the river bodies (Gisi et al., 2009). To protect surface water bodies from the onslaught of hazardous tannery wastewater, evolution of efficient and low cost treatment technology is the need of the hour (Purkait et al., 2005). The polluting components in the effluent have the potential to adversely affect human health resulting in skin irritations, eye diseases, kidney failure and a range of gastrointestinal problems (Mandal et al., 2010). Detailed analysis of typical tannery wastewater reveals that tannery wastewater is characterized by high total dissolved solids (21,300 mg/L), total suspended solids (1250 mg/L) (Fababuj-Roger et al., 2007). In conventional treatment processes such as biological treatment, phenton processes and adsorption process did not remove effectively the pollutants present at high concentrations in the leather industry (Sim et al., 2013). Among the novel treatment processes the FO membrane process, water permeation occurs spontaneously through a semi-permeable membrane, being driven by the chemical potential difference (osmotic gradient) of a high-concentration draw solution (DS) and relatively low-concentration feed solution (FS) (Ang et al., 2019). FO process can have the advantages of reduced capital and operational costs



owing to a low energy consumption and low fouling because an additional hydraulic pressure is not required (Bamago et al., 2011)). In a previous study, an FO process using osmotic pressure exhibited a rejection rate of the COD similar to that obtained with an RO process using hydraulic pressure (Aydiner et al., 2014). It was investigated the rejection of pharmaceutically active compounds by an FO process as a function of the pH. They reported that the rejection of the compounds could be affected by the charge of molecules in solution, which could be changed depending on the pH of the FS and  $pK_a$  of the molecules (Aydiner et al., 2014). In another study, the effects of the DS and membrane materials on the removal of COD were evaluated on an FO membrane. It was reported that the high reverse salt flux (RSF) of NaCl hindered the adsorption and diffusion of the COD in the FO membrane pore (Shaffer et al., 2015). Although the removal processes by means of RO technology is prolific, scarce is being published about its application in leather treatment, focusing only on meeting irrigation standards and with no deep analysis of the RO operating conditions (Shim et al., 2013). Most of these existing studies, typically based on batchwise operation, suffer from loss of membrane performance due to fouling problems, too. Pressure-driven membrane technology is nowadays considered a potential solution for wastewater recycling and reuse and shows stable and predictable treatment efficiency and performance. In particular, reverse osmosis (RO) has proven its effectivity to remove ions and organic chemicals (Ang et al., 2019). However those processes are not competent in reduction of total dissolved inorganics (TDS). Hence many attempts were made to attain zero-discharge to save the environment. RO advanced method solve the problem of dissolved solids in the effluents. Pilot studies have been carried out for removal of chromium from tannery wastewaters using RO membrane system and found high concentration of NaCl affected chromium separation as well as percent recovery of permeate (Bamago et al., 2011). Reverse Osmosis membrane rejection is influenced by interaction between effluent composition and membrane properties (Bell et al., 2017). The smoother surfaces with irregular ambiguous nodules lead to higher water fluxes and lower rejections, whereas rough surfaces with uniform distinct nodule structures contributed to higher rejections (Blandin et al., 2014). The electrostatic interactions and molecular sieving were important rejection mechanisms for membranes (Sholz et al., 2003). RO reject disposal without treating leads to environmental impacts. RO not only to improve the quality of the recycled chromium and salts recovery (Ning ana Shen, 1998). Metals, lipidic substances, gellatine, collagen and other impurities could presence in recovered chromium using traditional method combining alkaline precipitation of chromium (Sholz et al., 2005).

In this study, the pollutants from a leather industry waste water (COD, COD dissolved, total solids, chloride, sulphides and chromium) were removed by using a sequential FO/RO sequential membrane process at different operational conditions (water flux (5-25 L/m<sup>2</sup>.h), operating time (40-130 min), pressures (3-25 bar) and flow rates (50-400 L/h). Some economical substances such as gelatine, collagen and chromium were recovered from the retentates of FO and RO.

## **MATERIAL AND METHODS**

### **FO and RO membranes and membrane processes**

FO membrane including cellulose triacetate thin film composite was used in this study. This membrane is composed of an asymmetric cellulose triacetate and has a thickness is 45  $\mu\text{m}$  and an average surface roughness on the active layer of 27 nm. The values of the water permeability, solute permeability and structure parameter (S) of this membrane were 0.650 Lm<sup>-2</sup>h<sup>-1</sup> bar<sup>-1</sup>, 1.056  $\times 10^{-7}$  m s<sup>-1</sup>, and 250  $\mu\text{m}$ , respectively. A AFC 99 membrane with an average working pressure and internal diameter of 49 m<sup>2</sup> and 9,3 mm was used. The length and the effective volume of the RO membrane were 31.20 cm and 1.10 m<sup>2</sup>, respectively. The lab-scale RO experiments were run in a bench-scale crossflow filtration unit equipped with membrane modules (flat). The operating pressure was adjusted with a spring loaded pressure-regulating valve on the retentate and monitored by a digital pressure gauge. It was made from stainless steel and has permeate and concentrate outlets.

### **Experimental and operational conditions**

In the lab-scale FO and RO experiment, the initial volumes of the FS and DS were 300 mL, and each experiment was operated until the permeation volume reached at 70 mL. A pre-filtration was performed with a 25 micron pore size cartridge before FO experiments. In the DS, 0.9 M sodium chloride (NaCl) and this concentration was selected for the same initial flux in the deionized water through the operation of FO and RO. The variation of increasing of water flux (5,7,9,12,15,17,18 and 20 L/m<sup>2</sup>.h) on the draw solute concentrations and effects of operating times (30, 60, 80, 90 and 100min) on the water flux were studied in FO. The variation of recovery percentage versus time and the effects of flow rates (30-220 L/h) on the

rejection efficiency and on the removals of the pollutant removals (COD, turbidity, pH, conductivity, total solids (TS) suspended solids (SS), sulphate, chlorides, chromium and colour ) were studied in FO. Effect of increasing pressures (4,8, 16 and 20 bar) and operating times ( 10, 20, 30, 60,80 and 100 min)on the permeate flux were studied at a temperature of 25 C in RO.

### Analytical procedures

The physicochemical parameters were analyzed by following the methods as detailed in standard methods for analysis of water and wastewater ( Standard Methods, 2005). The quantification of collagen and gelatine from the retentates of RO was measured as per Lowry's method using bovine serum albumin as the standard at  $\lambda$  660 nm using an UV-visible spectrophotometer (Ranganathan and Kabadgi 2011; Dilyans et al., 2008). Chrome recoveries from the RO retentates was performed with hydrolysis of collagen-chromium complexes according to procedure given by Westerhoff et al.(2009) . The RO retentates was mixed with 32 mg/l sodium carbonate at 70°C temperature at a pH of 10. The hydrolysate composed from 47% Chromium, 21% collagen and 19% gelatine according to a dried retentates.

## RESULTS AND DISCUSSION

### Pollutant concentrations in Leather wastewater

Table 1 showed that the pollution load of leather concentrations was high.

Table 1. Characterization of raw textile industry wastewater

Parameter	Unit (mg/l)
COD(mg/L)	12.000
SS(mg/L)	6700
COD dis(mg/L)	10.670
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	899
Turbidity (NTU)	385
Conductivity ( $\mu$ S/cm)	1,342
Salinity (ppt)	8.5
TOC (mg/L)	614
TKN (mg/L)	4.87
TSS (mg/L)	3.670
TDS (mg/L)	2,500
TS (mg/L)	12.900
Fe (mg/L)	900
Ca (mg/L)	1050
Mg (mg/L)	677
Na (mg/L)	17,420
K (mg /L)	191
Mn (mg/L)	29
P (mg/L)	65
Cr (mg/L)	521
Cu (mg/L)	2
Pb (mg/L)	7
Zn (mg/L)	19
S (mg/L)	1,860

### Variation of Water flux versus DS concentration in deionized water and in leather industry wastewater in FO

During this process, water transports from the feed solution to the draw solution across a semi-permeable membrane. The unwanted components will be effectively rejected by the membrane. The driving force for FO is the osmotic pressure gradient across the semi-permeable membrane and no external pressure is required (Walker et al., 2016).Water flux as a function of DS concentration is illustrated in **Table 2** for the FO membrane. The water flux decreases as DS concentration decreases because of the decreasing osmotic pressure

difference between the DS and the reactor solution. Water flux through FO membrane is the highest membrane. As a result, water flux is a function of DS concentration.

**Table 2. Variation of Water flux with DS concentration in FO**

DS concentration ( g NaCl/L)	Water flux ( L/m <sup>2</sup> .h)
15	6
25	8
35	10
45	14
55	17
65	19
75	21
85	23

**Effects of operating time on the flow rate of membrane during continuous operation of distilled water and leather wastewater in FO**

**Table 3** shows the effect of operating time on the flow rate through the operation of membrane with distilled and leather wastewater by increasing time. Flowrate flux is decreased during the first hour. The water flux did not exhibit a downward after the first hour of operating time and remained as is a plateau. The reason of this behavior is that the pure water moves from the contaminated water (feed solution) through the membrane to the draw solution, and this flux leads slightly to reduce the concentration of draw solution and then did not reduce the osmotic pressure which represents a driving force for the pure water transfer from the solution has high osmotic pressure to a high osmotic pressure (Kim et al., 2018). Also, the flux for the leather feed solution is greater than the deionized water is high due to higher concentration of dissolved pollutant concentration in it. The high concentration in the leather leads to increase slightly the osmotic pressure of feed solution, and thus did not reduce the driving force to move water across the membrane. As a result by increasing the operating time, the fouling rate was not increased on the surface of membrane, and ends with high rate of the water through the membranes.

**Table 3. Effects of operating time on the flow rate of membrane during treatment distilled water and leather wastewater**

TIME (min)	Jw (L/m <sup>2</sup> .h) for Deionized water	Jw (L/m <sup>2</sup> .h) for leather wastewater
0	380	360
40	360	340
70	340	320
90	300	286
110	300	286
130	300	286

**Variation of recovery percentage versus increasing operating time in distilled and leather industry wastewater in FO**

**Table 4** illustrates the increasing of recovery rate of distilled water and leather wastewater by increasing operation time. This increase is in accordance with the % recovery equation (Equation 1). A significant relationship between the product rate and the recovery percentage was calculated with Equation 1.

$$\text{recovery \%} = (\text{product volume} / \text{feed vessel volume}) * 100 \quad (\text{Equation 1})$$

In the continuous operation of FO after 80 min, the recovery percentage of pure water was 66% while the leather wastewater has a recovery of 65%. This slight difference is due to the concentration of the leather did not decrease the flux and the recovery percentage.

**Table 4 . Variation of recovery percentage versus increasing operating time in distilled and leather industry wastewater in FO**

TIME (min)	Recovery percentage (%) in distilled water	Recovery percentage (%) in leather wastewater
0	0	0
50	30	27
90	47	45
100	68	66
120	89	82
130	99,99	98

**Effect of feed flow on the rejection of pollutants in leather industry and deionized water in FO at a constant pressure of 18 bar**

The results of this study showed the complete rejection of the NaCl 99,99% ( Table 5a) in distilled water was achieved at a cross flow rate of 400 L/h at the highest water flux of 280 L/m<sup>2</sup> h. The complete rejection of pollutants (99%) in leather wastewater was detected at a flow rate of 310 L/ m<sup>2</sup> h ( Table 5a)

**Table 5a. Effect of feed flow on the rejection of deionized water**

% rejection (%)	Feed flowrate (L/h) for Deionized water	Water flux ( L/m <sup>2</sup> .h) for Deionized wastewater
30	40	36
58	70	68
79	190	180
99,99	280	260
99,99	280	260
99,99	280	260

**Table 5b. Effect of feed flow on the rejection of pollutants in leather industry**

% rejection (%)	Feed flowrate (L/h) for leather wastewater	Water flux ( L/m <sup>2</sup> .h) for leather wastewater
29	33	30
53	59	54
78	210	189
99	290	310
99	290	310
99	290	310

**Effects of increasing pressure on the pollutant rejection and water flux in FO**

**Table 6** shows a positive correlation between applied pressure and the water flux as the pressure was increased from 5 bar upto 25 bar. In solution-diffusion mechanism, solute flux decreases with increase in solvent flux and this is reflected in increased rejection (Walker et al., 2016). Uncoupled nature of solute and solvent fluxes under this mechanism explains this opposite behaviour of solute and solvent fluxes following an increase in operating pressure.

**Table 6.** Effects of applied pressure on rejection and flux at a draw solution of 1500 mg/l NaCl.

TIME (min)	Pressure ( bar)	feed flow rate L/h	Draw solution concentration ( mg/l)	Water flux ( L/m <sup>2</sup> .h)	Pollutant rejection efficiency (%)
0	2	29	1500	5	45
30	4	50	1500	9	55
60	6	160	1500	12	65
80	12	200	1500	15	79
90	18	220	1500	18	92
100	20	240	1500	20	99,99

Table 7 shows the removals of all pollutants present in leather industry. Slightly high removals (85-89%) efficiencies was detected at a water flux of 200 L /m<sup>2</sup>.h compared to 100 L /m<sup>2</sup>.h water flux in FO.

**Table 7. Removal efficiencies of pollutants at two water fluxes in the leather industry versus permeate fluxes in FO**

Parameters	J =100 ( L.h-1m-2)	J=200 ( L.h-1m-2)
	Removal efficiency %	Removal efficiency %
COD	88%	92%
COD dis	89%	90%
TOC	85%	87%
DOC	87%	89%
CoLour	88%	89%
Phenol	86%	89%
Turbidity	86%	89%
Salt	80%	84%
TSS	80%	83%
Salt	80%	80%
Oil	87%	89%
Cromium	88%	90%
TDS	87%	89%
BOD5	87%	89%

**Effect of increasing pressures on permeate fluxes versus time in RO** The permeate flux is time independent during continuous operation in RO (Table 8). This indicates that osmotic pressure is responsible from water flux. Therefore, a pore blocking and a cake filtration was not observed an a fouling system was not obsrved during increasing of pressure from 4 bar to 8 and 16 bar. This result not agree with the studies performed by Kim et al., ( 2018) since the pressures used in this study is extremwly high.

**Table 8. Effect of increasing pressures on permeate fluxes versus time in RO**

Permeate flux ( L/m <sup>2</sup> .h) at a Pressure of 4 bar	Permeate flux ( L/m <sup>2</sup> .h) at a Pressure of 8 bar	Permeate flux ( L/m <sup>2</sup> .h) at a Pressure of 16 bar	Time ( min)
290	501	780	5
291	501	779	10
288	502	778	15
289	501	782	20
288	502	781	25
290	502	781	30

**Effect of time on permeate flux during RO operation study using FO permeate as feed**

The permeate flux profile of four FO effluent (permeate) with initial COD concentrations (50, 100, 200 and 300 mg/l) was shown in Table 9 after 400 min continuous RO operation. The higher COD value of feed in the RO is not resulted in lower permeation flux due to increased feed concentration (Catch et al., 2006). As can be shown in this Table an insignificant decline of about 0,6% from an initial flux of 5 L/m<sup>2</sup>.h for a feed with initial COD value of 50 mg/L at a pressure of 9 bar.

**Table 9. Effect of time on permeate flux during RO**

Flux (L/m <sup>2</sup> .H)	COD(mg/l)	Time (min)
5	50	100
6	100	200
6,8	200	300
7,2	300	400

## Treatment of pollutants in FO and RO

Complete removals of phenols, COD, CODdis and the other parameters was successfully achieved during RO experiments ( **Table 10**). The rejection coefficients and removal yields (%) of the pollutants in the permeate are given in this Table. Due to the organic content of the solutes concentration in the bulk was low a concentration gradient increase was not detected across the membrane (Bixio et al., 2006). No reduced hydrodynamic shear was detected in the vicinity of the valley regions of the membrane used in RO. The suspended and colloidal organic matter adsorption and deposition was not detected. As a result, a resistance did not occur against the fouling. This was not hinder the transport of pollutants on the pore of the membranes.

**Table 10. Characterization of untreated, FO and RO retentates and permeates**

Parameters	Raw composite	FO permeate	FO retentate	RO permeate	RO retentate
Ph	8.5	8.22	8.41	8.2	8.24
COD (mg/L)	11,080	220	780	2	200
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	899	69	519	1	33
Turbidity (NTU)	385	0.485	308	0.0015	45.2
Conductivity (μS/cm)	1,342	188	1389	9	985
Salinity (ppt)	8.5	3.1	6.9	0.03	4.8
TOC (mg/L)	614	80	579	2.0	490
TKN (mg/L)	4.87	0.38	2.98	1	0.7
TSS (mg/L)	3,670	60	292	1	200
TDS (mg/L)	2,500	1224	7250	2	8015
TS (mg/L)	12,140	2090	7604	13	8110
Fe (mg/L)	900	11.0	9.4	0,004	2.4
Ca (mg/L)	1050	108.1	88.8	0,015	143.5
Mg (mg/L)	677	69.6	60.4	0,0035	102.5
Na (mg/L)	17,420	762.8	1947.7	54	2949.3
K (mg /L)	191	20.1	18.9	0.34	30.0
Mn (mg/L)	29	0.3	0.3	0	0.1
P (mg/L)	65	13.4	5.6	0.0009	4.5
Cr (mg/L)	521	0.7	1.6	0.0009	1.6
Cu (mg/L)	2	0.3	0.7	0.0001	0.8
Pb (mg/L)	7	0.6	0.3	0.0003	0.7
Zn (mg/L)	19	10.4	1.0	0.0006	1.7
S (mg/L)	1,860	97.4	106.3	1.37	464.8
Co (mg/L)	1	0.05	0	0	0
Ni (mg/L)	5	0.03	0.4	0.0004	0.7
Cl (mg/L)	8,580	2024	6475	1,21	5250
Sulphide (mg/L)	185	ND	124	0	22

## Reuse of treated water in leather processing

Although wastewater reclamation and reuse may be prohibitive for some small scale plants, it cannot be denied that this practice could relieve water stress, conserving significant amounts of fresh water which can be used in order to remedy seasonal water scarcity (Walker et al., 2016). In this study the permeate of RO wastewater was a good quality water and it is reusable according to the limits and recommended water quality criteria (Fao, 1985; Levenea et al., 2011). These effluents should protect the surface water bodies from the onslaught of hazardous wastewater discharge.

## Gelatine, collagene and cromium recoveries from the retentate of RO

Chrome recoveries from the RO retentates re chemically depicted as collagen-chromium complex. Hydrolysis of this waste involves the breakdown of bonds responsible for its stability. The bonds are responsible for collagen stability as the collagen-chromium bond. Other covalent bonds have linkage between the complex chromium ion and the ionized carboxyl groups on collagen. There, the RO permeate was subjected with an alkali for denaturation and degrading the protein fraction. These studies were performed 70°C temperature and at a pH of 10 according to procedure given by Dang et al., (2019). The alkaline condition was achieved by the utilization of sodium carbonate. The collagen was broken down to large molecular weight peptides into aqueous solution while the chromium was converted to an insoluble condition under alkaline conditions. The chemical characteristics of the hydrolysate was as follows: The peptides passed into the aqueous solution as collagen hydrolysates whose concentration is expressed as % Total Nitrogen. The hydrolysis yield was 78% for Total nitrogen. The production of low molecular weight degradative products showed the reduction in the dry matter content of the collagen hydrolysate. The Composition of hydrolysate were inorganic ash 1 % TKN, 47% Chromium, 21% collagen and 19% gelatine according to a dried compounds.

## CONCLUSIONS

Sequential FO/RO process proved the feasibility of treat the leather industry pollutants and of reusing the treated wastewater. The FO/RO process can be used as alternative method to treat effectively the pollutants (TSS, TDS, BOD, COD,  $Cl^{-1}$ ,  $Na^{+1}$ ,  $SO_4^{-2}$ ,  $NO_3^{-1}$ ,  $Cr^{+3}$ ) from the leather industry wastewater and to recovery of gelatine, collagene and cromium as economical merits organic compounds which thus reduced the treatment cost.

## REFERENCES

- Ang WL, Wahab Mohammad A, Johnson D, Hilal N 2019 Forward osmosis research trends in desalination and wastewater treatment: a review of research trends over the past decade. *J. Water Process Eng.*, 31: 34-39
- Aydiner C, Sen U, Topcu S, Sesli D, Ekinici D, Altinay, AD, Ozbey B, Koseoglu-Imer DY, Keskinler B. 2014. Techno-economic investigation of water recovery and whey powder production from whey using UF/RO and FO/RO integrated membrane systems. *Desalin. Water Treat.*, 52: 123-133
- Bamaga OA, Yokochi B, Zabara B, Babaqi AS 2011. Hybrid FO/RO desalination system: preliminary assessment of osmotic energy recovery and designs of new FO membrane module configurations. *Desalination*, 268: 163-169
- Bell EA, Poynor TE, Newhart KB, Regnery J, Coday BD, Cath TY 2017. Produced water treatment using forward osmosis membranes: evaluation of extended-time performance and fouling. *J. Memb. Sci.*, 525 :77-88,
- Blandin G, Verliefde ARD, Tang CY, Le-clech P 2015. Opportunities to reach economic sustainability in forward osmosis – reverse osmosis hybrids for seawater desalination. *Desalination*, 363: 26-36
- Bixio D, Thoeve C, De Koning J, Joksimovic D, Savic D, Wintgens T, Melin T 2006. Wastewater reuse in Europe, *Desalination*, 187: 89-101
- Cath TY, Childress AE, Elimelech M (2006) Forward osmosis: principles, applications, and recent developments. *J Membr Sci*, 281(1–2):70–87
- Dang, X, Yang, M, Wang Y 2019. Recovery and utilization of collagen protein powder extracted from chromium leather scrap. *Waste Environmental Science and Pollution Research*, 18: 201-209
- Dialynas E, Mantzavinos D, Diamadopoulos E 2008. Advanced treatment of the reverse osmosis concentrate produced during reclamation of municipal wastewater. *Water Res.*, 42: 4603–4608

- Fababuj-Roger JA, Mendoza-Roca MV, Galiana-Aleixandre A, Bes-Pia B, Cuartas-Uribe A 2007. Reuse of tannery wastewaters by combination of ultrafiltration and reverse osmosis after a conventional physical–chemical treatment. *Desalination*, 204 :219-226
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1985. *FAO Irrigation and Drainage Paper*, 29 Rev. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Rome, Italy.
- Gisi SD, Galasso M, Feo GD 2009. Treatment of tannery wastewater through the combination of a conventional activated sludge process and reverse osmosis with a plane membrane. *Desalination*, 241: 337-342
- Greenberg AE, Eaton AD, Clesceri LS, Rice EW 2005. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (21st ed.), APHA, AWWA, WEF, USA
- Kim JE, Phuntsho S, Ali SM, Choi JY, Shon HK 2018. Forward osmosis membrane modular configurations for osmotic dilution of seawater by forward osmosis and reverse osmosis hybrid system. *Water Res.*, 128 :83–192.
- Mandal T, Maity S, Dasgupta D, Datta S. 2010. Advanced oxidation process and biotreatment: their roles in combined industrial wastewater treatment. *Desalination*, 250: 87-94
- Ning RY, Shen PTL 1998. Observations from analysis of reverse osmosis membrane Foulants. *Ultrapure Water*, 37-40
- Purkait MK, Bhattacharya PK, De S 2005. Membrane filtration of leather plant effluent: flux decline mechanism. *Journal of Membrane Science*, 258; 85-96
- Ramteke S, Awasthi T, Srinath B J 2013. The impact of process sequences on pollutant removal efficiencies in tannery wastewater treatment. *Water, Air, & Soil Pollution*, 224( 201 3): 1-132.
- Ranganathan K, Kabadgi S 2011. Studies on feasibility of reverse osmosis (membrane) technology for treatment of tannery wastewater. *Journal of Environmental Protection*, 2: 37-46.
- Shaffer DL, Werber JR, Jaramillo H, Lin S, Elimelech, M 2015. Forward osmosis: where are we now. *Desalination*, 356: 271-284
- Shim SM, Kim WS 2013. A numerical study on the performance prediction of forward osmosis process. *J. Mech. Sci. Technol.*, 27 (4): 1179-1189
- Scholz W, Lucas M 2003. Techno-economic evaluation of membrane filtration for the recovery and re-use of tanning chemicals. *Water Research*, 37: 1859–1867
- Scholz WG, Rouge P, Bodalo A, Leitz U 2005. Desalination of mixed tannery effluent with membrane bioreactor and reverse osmosis treatment. *Environmental Science & Technology*, 39: 8505-8511
- Walker JM 2016. *The Protein Protocols Handbook*, Humana press, Part of the Springer Protocols Handbooks book series (SPH), 545 pages
- Westerhoff P, Moon H, Minakata D, Crittenden J 2009. Oxidation of organics in retentates from reverse osmosis wastewater reuse facilities. *Water Res.*, 43: 3992–3998 .



## Harran Ovası koşullarında farklı azot dozları ve su seviyelerinin pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisinde bazı fizyolojik parametrelere etkisi

Ceren Odabaşoğlu<sup>1</sup> (0000-0002-0552-3113), Mahmut Doğan<sup>2\*</sup> (0000-0002-4377-2751), Nimet Kılınçoğlu<sup>2</sup> (0000-0001-7935-9216), Osman Çopur<sup>1</sup> (0000-0003-1043-9394), Yağmur sedetaltun<sup>2</sup> (0000-0002-9994-2983)

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.

<sup>2</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.

\*Sorumlu yazar e-mail: dogan@harran.edu.tr

### Özet

Bu çalışma, pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisinin azot-su ilişkilerini, sulamanın ve azot dozlarının bitkinin fizyolojik parametrelerine etkilerini, kuraklık ve gübre stresi sonucunda meydana gelen fizyolojik değişimlerin karşılaştırmalı olarak incelenmesini amaçlamaktadır. Uygulamaya bağlı olarak kuraklık stresi toleransının nasıl etkilendiği bağül su içeriği, klorofil, MDA, prolin ve total fenolik madde incelenmiştir. Çiftçi bazında uygulama yaparken, çalışmada kullanılan N<sub>20</sub>I<sub>75</sub> ve N<sub>20</sub>I<sub>100</sub> azot-su dozlarından birincisinin N<sub>25</sub>I<sub>75</sub> ve N<sub>25</sub>I<sub>100</sub> veya bu iki dozun arasında bir değerin seçilmesi ve meyve öncesi dönemde en az 2 defa 10' ar gün arayla uygulama yapılması uygun olacaktır. Ancak, üre uygulamasından önce bitkinin azot beslenme statüsünün belirlenmesi ve uygulama dozu ve sayısının buna göre yapılması gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Azot, Sulama, Pamuk, Klorofil

### Effects of different nitrogen doses and water levels on some physiological parameters in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Under Harran Plain conditions

#### Abstract

This study aims to comparatively examine the nitrogen-water relationships of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plant, the effects of irrigation and nitrogen doses on the physiological parameters of the plant, and the physiological changes caused by drought and fertilizer stress. Depending on the application, how drought stress tolerance is affected, relative water content, chlorophyll, MDA, proline and total phenolic substance were examined. When applying on a farmer basis, it would be appropriate to select the first N<sub>20</sub>I<sub>75</sub> and N<sub>20</sub>I<sub>100</sub> nitrogen-water doses used in the study, N<sub>25</sub>I<sub>75</sub> and N<sub>25</sub>I<sub>100</sub> or a value between these two doses, and to apply at least 2 times 10 days apart in the pre-fruit period. However, before the urea application, the nitrogen nutritional status of the plant should be determined and the application dose and number should be done accordingly.

**Keywords:** Nitrogen, Irrigation, Cotton, Chlorophyll

### GİRİŞ

Pamuk bitkisi, ekonomik değeri olan, ülkemizde sanayi bitkileri içinde en fazla ekim alanına ve üretim değerine sahip olmakla birlikte ihracat için önemli bir bitkidir. Ülkemizde pamuk tarımı Ege Bölgesi, Çukurova Bölgesi ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yapılmaktadır. Üretim maliyetinin fazla olması, işçi bulmada yaşanan sıkıntılar, düşük taban fiyat gibi sorunlardan dolayı ülkemiz pamuk ekim alanları bölgemiz dışında azalma göstermektedir. Güneydoğu Anadolu Projesi'nin devreye girmesi ile birlikte ilk başta Harran Ovasının bir kısmı sulamaya açılmış ve pamuk % 85-90'lık ekim alanıyla bölgedeki rakipsiz tek bitki haline gelmiştir. Bu durumun Suruç bölgesinin sulamaya açılmasıyla da devam edeceği öngörülmektedir. Bölgemizde 290.000 hektarlık ekim alanı ve 495.000 ton lif üretimi ile ülke üretiminin yaklaşık %62'sini karşılamaktadır. Şanlıurfa ili ise 218.000 hektarlık ekim alanı ile bölge üretiminin %75'ini karşılamaktadır (TÜİK, 2016).

Kuraklık, çevresel stres faktörlerinden bir tanesi olup tarım alanlarının önemli bir bölümünde üretimi yavaşlatan en önemli etkidir. Bitkiler, ekimden hasada kadar geçen sürenin her döneminde kuraklık stresiyle karşı karşıya kalmaktadırlar (Güneş ve ark., 2006). Dünya üzerindeki alanlar stres faktörüne göre sınıflandırıldığında, ilk sırayı %26 ile kuraklık stresi almaktadır. %20 ile tuzlar ve metaller ikinci sırada yer almaktadır. Bunu %15 ile soğuk ve don stresi takip etmektedir. Diğer tüm stresler %29'luk bir paya sahiptir. Dünya üzerindeki sadece %10'luk bir alan herhangi bir strese maruz kalmamaktadır (Blum, 1986).

Bitkiler hareket özelliklerinden yoksun olduğundan dolayı, yaşamlarını zora sokan doğa koşullarına karşı önemli derecede fizyolojik strese maruz kalırlar. Bitkilerin bu şekilde gelişmesini, metabolizmasını etkileyen

ya da engelleyen faktörler stres olarak tanımlanmaktadır. Biyotik (patojen vb.) stres ve abiyotik (tuzluluk, kuraklık, radyasyon, don vb.) stres faktörleri bitkilerin fizyolojilerinde değişikliklere yol açmaktadır (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Abiyotik stres faktörlerinden kuraklık stresi %17, tuzluluk %20, yüksek sıcaklık stresi %40, düşük sıcaklık stresi ise %15 oranında verim kayıplarına neden olmaktadır (Ashraf ve Harris, 2005). Stres faktörlerini tolere edebilen bitki genotiplerinin belirlenmesi ve dayanıklılık mekanizmalarının geliştirilmesi önem arz etmektedir. Bunun için strese dayanıklılık ve tolerans mekanizmalarının iyice anlaşılması gerekmektedir.

Bu çalışma, 2017 ve 2018 yıllarında Harran Üniversitesi Eyyübiye Kampüsü Ziraat Fakültesi deneme alanlarında yürütülmüştür. Çalışma, Harran Ovasında üretimi yapılan pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) bitkisinin azot-su ilişkilerini, sulamanın ve azot dozlarının bitkinin fizyolojik parametrelerine etkilerini, kuraklık ve gübre stresi sonucunda meydana gelen fizyolojik değişimlerin karşılaştırmalı olarak incelenmesini amaçlamaktadır.

## MATERYAL METOT

Çalışmada materyal olarak Harran Ovasında yaygın olarak üretimi Stoneville 468 çeşidi kullanılmıştır. Çalışmada 5 gübre (azot) dozu (dekara 10, 15, 20, ve 25 kg ile gübresiz) ve 4 su düzeyi (tarla kapasitesinin %25'i, %50'si, %75'i ve tam sulama) deneme konularını oluşturmuştur. Denemede ana konuları azot dozları, alt konuları ise sulama suyu miktarları oluşturmuştur. Gübrelemede tüm parsellerde dekara 7 kg saf fosfor esas alınarak Triple Süper Fosfat (TSP) gübresi kullanılmış olup, ekim öncesi tarlaya verilmiştir. Azot gübresinin ise yarısı çıkıştan hemen sonra elle sıra yanlarına açılan çizilere serpilerek verilmiş; diğer yarısı da üre formunda çiçeklenme başlangıcında fertigasyon ile uygulanmıştır. Bitki örnekleri ilk olarak ekimden 28 gün sonra, bitkiler üç yapraklı döneme geldikleri sırada alınmıştır. Diğer örnek alımları ise pamuk bitkisinin gelişme dönemlerinde (taraklanma, çiçeklenme, hasat) alınmıştır

Yaprak dokularındaki bağıl su içeriğinin (RWC) belirlenmesi analizinde her parselden seçilen 3'er adet bitkinin yaprakları alınarak tartılmış ve yaş ağırlık (YA) olarak kaydedilmiştir. Tartılan yapraklar 6 saat boyunca saf suda bekletildikten sonra tekrar tartılmış ve bu ağırlık turgor ağırlığı (TA) olarak kaydedilmiştir. Daha sonra yapraklar 70°C etüvde 72 saat kurutulduktan sonra tekrar tartılmış ve bu ağırlık da kuru ağırlık (KA) olarak kaydedilmiştir. Elde edilen veriler formülde yerine konularak yaprakların bağıl su içeriği yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

Yaprak dokularındaki klorofil miktarı Luna ve ark. (2000)'nin uyguladığı yöntemle belirlenmiştir. Alınan taze örnekler %80'lik 10 ml etanol içine konulmuş ve su banyosunda 80°C'de 20 dakika bekletilmiştir. Daha sonra 654 nm'de absorbans (A) değerleri spektrofotometrede okunmuştur. Yaprak dokularındaki toplam klorofil miktarı µg/mg T.A. olarak hesaplanmıştır. Yaprak dokularındaki MDA miktarı Lutts ve ark. (1996)'ya göre belirlenmiştir. Bu yöntemle göre -80 °C'de dondurulmuş yaprak örneklerinden 200 mg yaş örnek alınarak, üzerine 5 ml %0.1'lik TrichloroAceticacid (TCA) ilave edilmiş ve elde edilen karışım 12500 rpm devir hızında 20 dakika süreyle santrifüj edilmiştir. 5 ml'lik ekstraktan 3 ml süpernatant alınarak, üzerine %20'lik ThiobarbitüricAcid (TBA) bulunan %0.1'lik 3 ml TCA ilave edilmiştir. Daha sonra karışım 95 °C'deki sıcak su banyosunda 30 dakika bekletilmiştir. Karışımın 532 ve 600 nm'de absorbans değerleri (A) spektrofotometrede okunmuştur. Yaprak dokularındaki MDA miktarı; µmol/g T.A. olarak hesaplanmıştır.

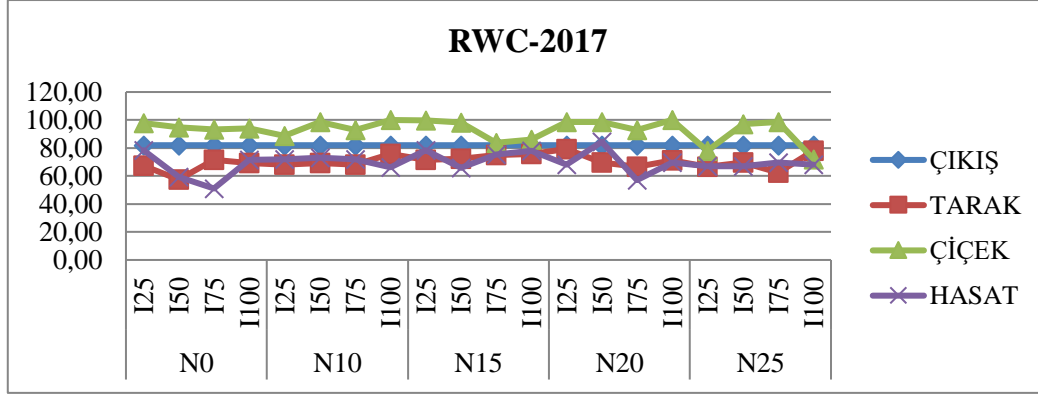
Yapraklarda prolin analizi Bates ve ark. (1973)'nin geliştirdiği yöntemle yapılmıştır. Yöntemle göre yaklaşık 0.5 g taze yaprak örneği 10 ml %3'lük Sulfosalisik asit ile homojenize edilmiştir. Filtre edilen örnekler 1 saat süresince 100°C'ye ayarlı su banyosunda ninhidrin ile reaksiyona sokulmuş ve devamında örnekler buz banyosuna alınarak reaksiyon tamamlanmıştır. Soğutulmadan sonra ortam toulen ile ekstrakte edilmiş ve pembemsi-kırmızı renkte, standart olarak L prolin kullanılarak 520 nm'de spektrofotometrede okuma yapılmıştır. Sonuçlar (µmol/g T.A.) olarak hesaplanmıştır. Yaprak dokularındaki toplam fenolik madde miktarı Chandler ve Dodds (1983)'a göre yapılmıştır. Yöntemle göre taze yaprak örneklerinden 0.5 g tartılarak sıvı azotta öğütülmüştür. Öğütülen örnekler cam tüplere alınmış, üzerlerine %80'lik 5 ml metil alkol eklenerek 48 saat buzdolabında bekletilmiştir. 20 µl süpernatant üzerine sırasıyla 1.58 ml saf su, 100 µl %50'lik FolinCiocalteu's Reagent (FCR) ve 300 µl %5'lik sodyum karbonat eklenerek karışım hazırlanmış ve oda sıcaklığında 1 saat bekletilmiştir. Karışımların absorbans değerleri 725 nm'de belirlenmiştir. Yaprak dokularındaki toplam fenolik madde miktarları, gallik asitle hazırlanan standart grafik yardımıyla hesaplanmıştır.

Elde edilen veriler MSTATC istatistik paket programı ile tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamalar LSD testine göre gruplandırılmıştır.

## ARAŞTIRMA BULGULARI

### Yaprak Dokularındaki Bağlı Su İçeriğinin (RWC) Belirlenmesi

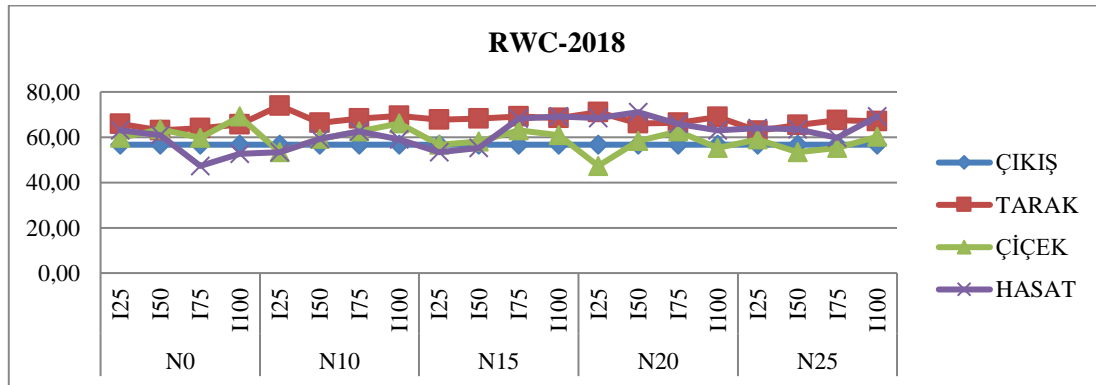
2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının pamuk bitkisinin çıkış, tarak, çiçeklenme ve hasat dönemlerinde alınan yapraklarında elde edilen bağlı su içeriğine ilişkin değerleri Tablo 1’de Şekil 1 ve 2’de verilmiştir.



Şekil 1. 2017 yılına ait azot-su interaksiyonunun çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerinde yaprakta bağlı su içerik değerleri

Tablo 1. 2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerinde yaprakta bağlı su içerik değerleri

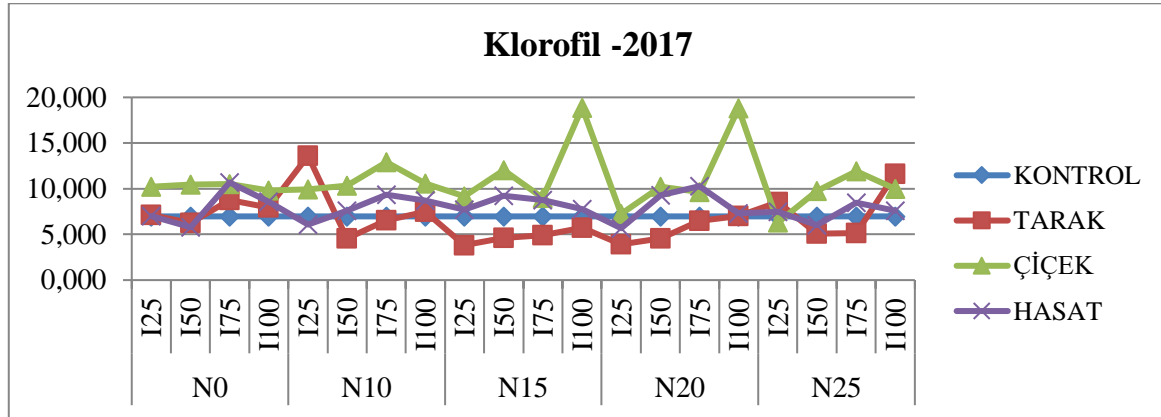
Uygulanan Dozlar	Kontrol		Tarak		Çiçek		Hasat	
Azot (N)	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
N <sub>0</sub>	51.21	56.69	66.405 a	64.607 d	94.965 c	63.017 a	65.073 a	55.945 a
N <sub>10</sub>	52.66	56.69	70.278 c	69.448 a	95.117 b	60.290 b	70.677 b	58.507 d
N <sub>15</sub>	52.87	56.69	73.590 a	68.392 b	91.840 d	59.638 c	74.412 a	61.493 c
N <sub>20</sub>	53.68	56.69	76.632 b	78.052 b	97.497 d	95.873 e	79.941 d	77.075 d
N <sub>25</sub>	52.87	56.69	79.140 d	85.698 c	86.420 e	86.940 d	87.875 d	84.085 e
Sulama (I)								
I <sub>25</sub>	51.09	56.69	70.546 b	68.274 a	92.598 b	55.204 d	72.786 a	60.440 c
I <sub>50</sub>	52.75	56.69	67.658 d	65.824 c	97.414 a	58.508 c	69.875 c	61.962 b
I <sub>75</sub>	52.08	56.69	68.698 c	66.976 b	92.260 c	60.588 b	65.020 d	60.724 c
I <sub>100</sub>	52.05	56.69	73.934 a	77.884 d	90.400 d	72.306 d	70.702 d	72.558 d
İnteraksiyon (NxI)	**	**	**	**	**	**	**	**
Ortalama	52.54	56.69	70.209	67.239	93.168	59.151	69.596	61.421



Şekil 2. 2018 yılına ait azot-su interaksiyonunun çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerinde yaprakta bağlı su içerik değerleri

### Yapraklarda Klorofil Miktarının Belirlenmesi

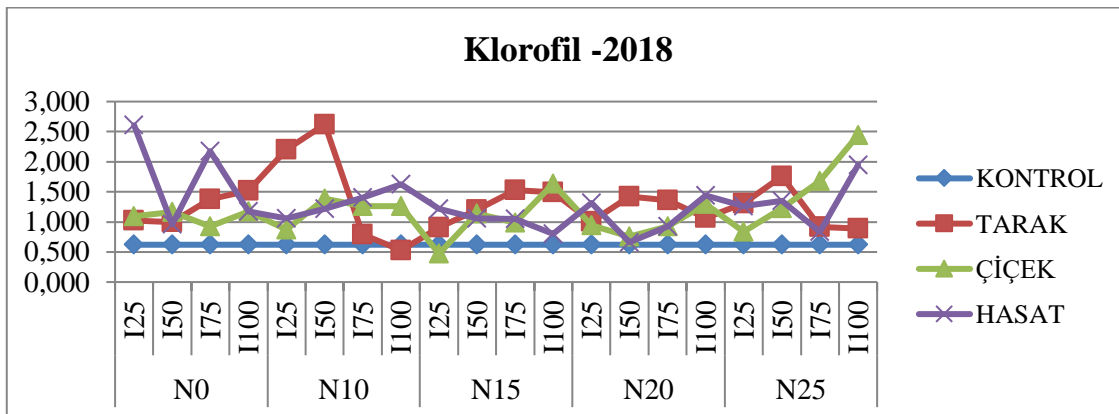
2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının pamuk bitkisinin çıkış, tarak, çiçeklenme ve hasat dönemlerinde alınan yapraklarında elde edilen klorofil miktarına ilişkin değerleri Tablo 2’de ve Şekil 3 ve 4’te verilmiştir.



Şekil 3. 2017 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki klorofil miktarı değerleri

Tablo 2. 2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerinde yapraktaki klorofil miktarı değerleri

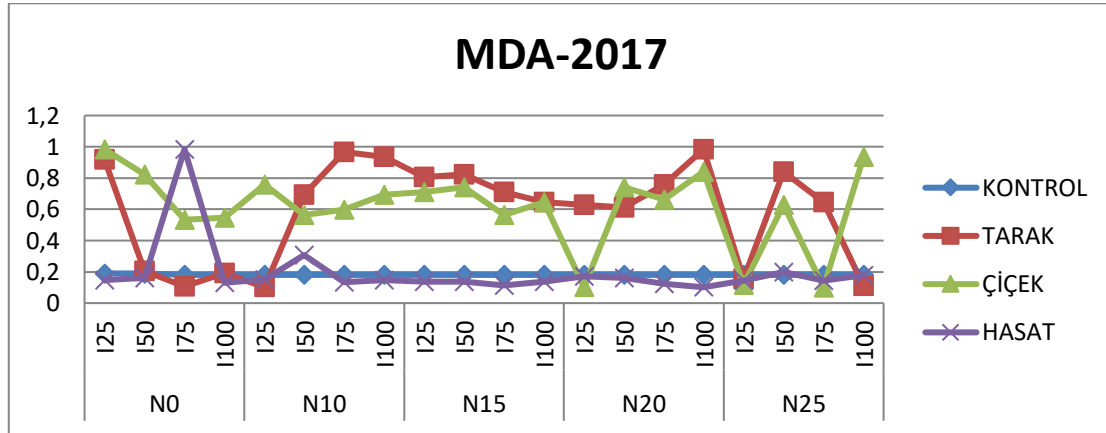
Uygulanan Dozlar	Kontrol		Tarak		Çiçek		Hasat	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
<b>Azot (N)</b>								
N <sub>0</sub>	6.774	6.325	7.552 a	1.230	10.247 d	1.088	8.025	1.730
N <sub>10</sub>	6.578	6.654	8.052 a	1.535	10.919 c	1.193	7.942	1.294
N <sub>15</sub>	6.277	6.620	4.777 b	1.282	12.256 a	1.058	8.375	1.032
N <sub>20</sub>	6.889	6.656	5.480 b	1.212	11.486 b	0.982	8.140	1.084
N <sub>25</sub>	6.955	6.678	7.600 a	1.216	9.509 e	1.548	7.380	1.347
<b>Sulama (I)</b>								
I <sub>25</sub>	6.986	6.546	7.398 b	1.289	8.564 c	0.843	6.796 c	1.490
I <sub>50</sub>	6.978	6.543	5.020 d	1.597	10.561 b	1.133	7.582 b	1.049
I <sub>75</sub>	6.877	6.478	6.365 c	1.195	10.795 b	1.157	9.516 a	1.255
I <sub>100</sub>	6.874	6.687	7.962 a	1.098	13.613 a	1.562	7.995 b	1.397
<b>İnteraksiyon (NxI)</b>	**	**	**	ÖD	**	ÖD	**	*
<b>Ortalama</b>	<b>6.924</b>	<b>0.620</b>	<b>6.686</b>	<b>1.295</b>	<b>10.883</b>	<b>1.174</b>	<b>7.972</b>	<b>1.298</b>



Şekil 4. 2018 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki klorofil miktarı değerleri

### Yapraklarda Malondialdehid (MDA) Miktarının Belirlenmesi

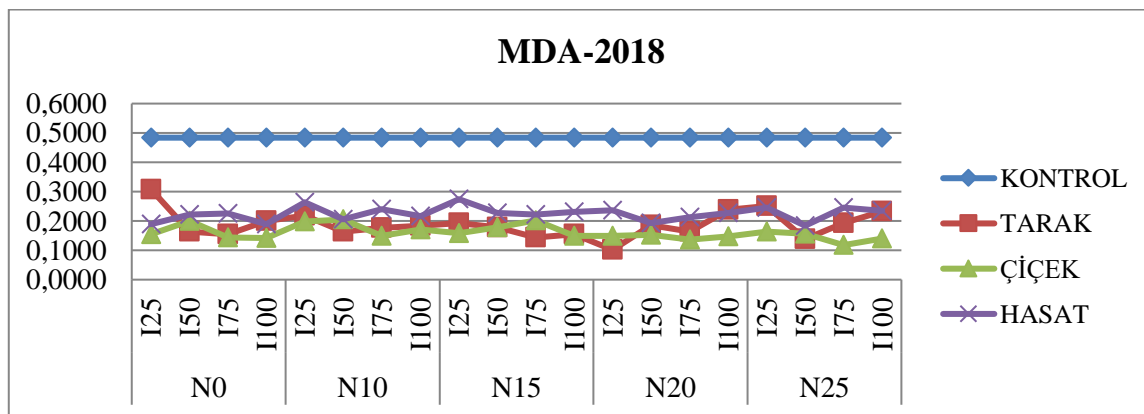
2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının pamuk bitkisinin çıkış, tarak, çiçeklenme ve hasat dönemlerinde alınan yapraklarında elde edilen malondialdehid (MDA) miktarına ilişkin değerleri Tablo 3.'de tablo halinde ve Şekil 5 ve 6'da grafik halinde verilmiştir.



Şekil 5. 2017 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki MDA değerleri

Tablo 3. 2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerinde yapraktaki MDA değerleri

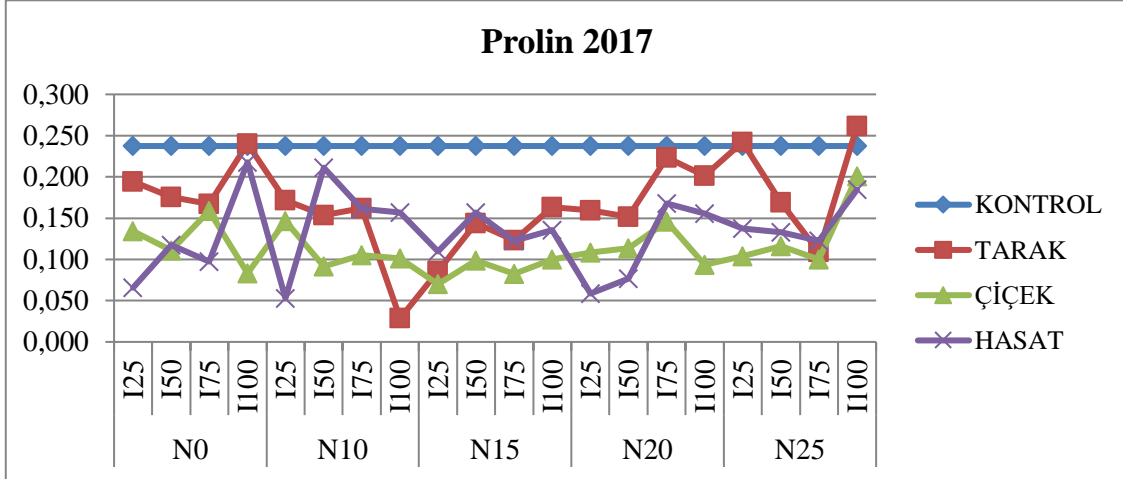
Uygulanan Dozlar	Kontrol		Tarak		Çiçek		Hasat	
Azot (N)	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
N <sub>0</sub>	0.185	0.484	0.356 d	0.207 a	0.722 a	0.160 ab	0.356 a	0.206
N <sub>10</sub>	0.184	0.484	0.675 b	0.185 ab	0.653 b	0.180 a	0.185 b	0.231
N <sub>15</sub>	0.186	0.484	0.746 a	0.167 b	0.665 b	0.172 ab	0.132 d	0.239
N <sub>20</sub>	0.182	0.484	0.746 a	0.173 b	0.586 c	0.146 b	0.140 cd	0.217
N <sub>25</sub>	0.184	0.484	0.437 c	0.204 a	0.446 d	0.145 b	0.167 bc	0.227
<b>Sulama (I)</b>								
I <sub>25</sub>	0.182	0.484	0.522 c	0.214 a	0.534 c	0.165 ab	0.150 c	0.242
I <sub>50</sub>	0.186	0.484	0.635 a	0.166 b	0.700 b	0.179 a	0.193 b	0.206
I <sub>75</sub>	0.184	0.484	0.637 a	0.166 b	0.492 d	0.150 b	0.301 a	0.229
I <sub>100</sub>	0.183	0.484	0.573 b	0.202 a	0.732 a	0.150 b	0.139 c	0.219
<b>İnteraksiyon (NxI)</b>	**	**	**	**	**	**	**	ÖD
<b>Ortalama</b>	<b>0.188</b>	<b>0.484</b>	<b>0.592</b>	<b>0.187</b>	<b>0.614</b>	<b>0.161</b>	<b>0.196</b>	<b>0.224</b>



Şekil 6. 2018 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki MDA değerleri

## Yapraklarda Prolin Konsantrasyonunun Belirlenmesi

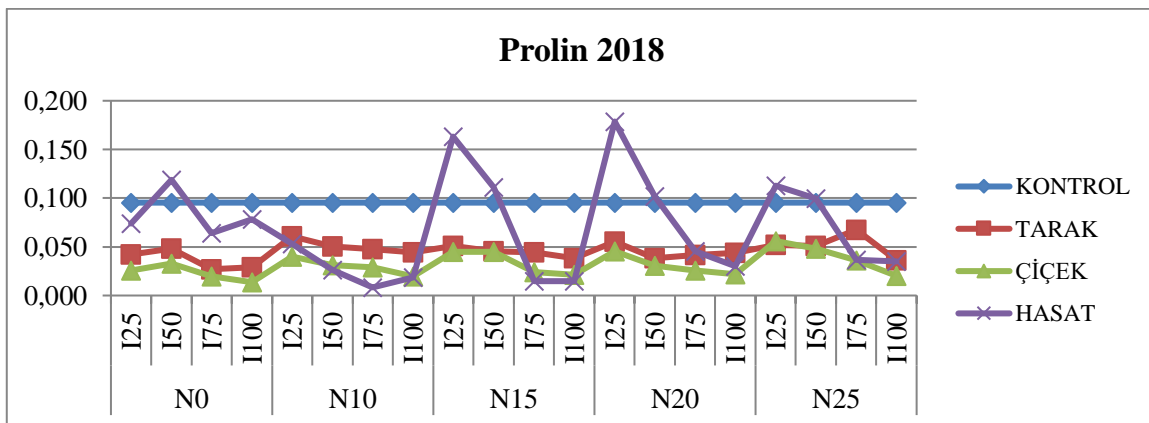
2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının pamuk bitkisinin çıkış, tarak, çiçeklenme ve hasat dönemlerinde alınan yapraklarında elde edilen prolin konsantrasyonlarına ilişkin değerleri Tablo 4.'de ve Şekil 7 ve 8'de verilmiştir.



Şekil 7. 2017 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki prolin miktarı

Tablo 4. 2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerinde yapraktaki prolin miktarı

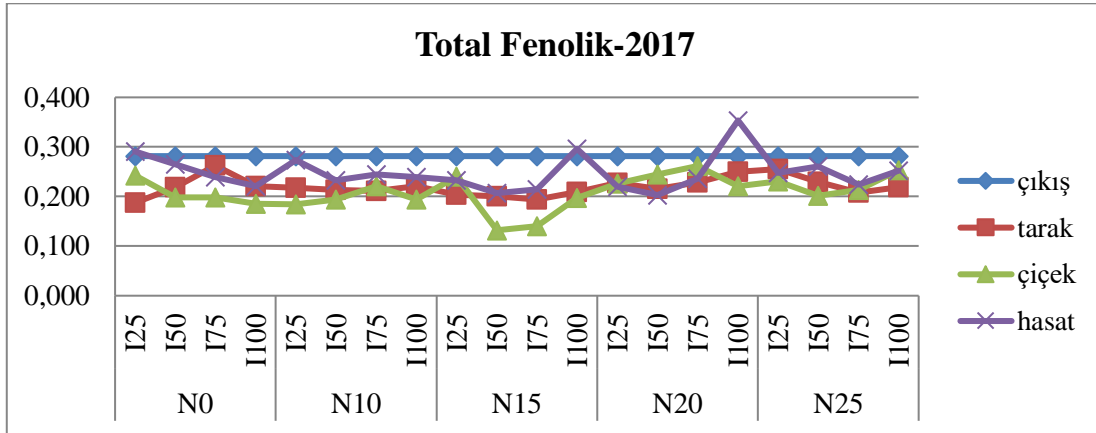
Uygulanan Dozlar	Kontrol		Tarak		Çiçek		Hasat	
Azot (N)	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
N <sub>0</sub>	0.231	0.098	0.194 a	0.037	0.122 a	0.023	0.124 ab	0.084 a
N <sub>10</sub>	0.232	0.095	0.129 b	0.051	0.111 ab	0.030	0.145 a	0.026 b
N <sub>15</sub>	0.234	0.097	0.129 b	0.045	0.088 b	0.034	0.131 ab	0.076 a
N <sub>20</sub>	0.237	0.096	0.184 a	0.045	0.115 ab	0.031	0.115 b	0.089 a
N <sub>25</sub>	0.238	0.098	0.196 a	0.052	0.130 a	0.040	0.145 ab	0.071 a
<b>Sulama (I)</b>								
I <sub>25</sub>	0.239	0.097	0.171	0.052	0.112	0.043	0.085 c	0.116 a
I <sub>50</sub>	0.234	0.098	0.159	0.047	0.106	0.037	0.139 b	0.092 b
I <sub>75</sub>	0.236	0.097	0.157	0.046	0.118	0.027	0.134 b	0.034 c
I <sub>100</sub>	0.234	0.099	0.179	0.038	0.116	0.019	0.170 a	0.035 c
<b>İnteraksiyon (NxI)</b>	**	**	**	**	**	**	**	**
<b>Ortalama</b>	<b>0.236</b>	<b>0.097</b>	<b>0.166</b>	<b>0.046</b>	<b>0.113</b>	<b>0.032</b>	<b>0.132</b>	<b>0.069</b>



Şekil 8. 2018 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki prolin miktarı

## Yapraklarda Total Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

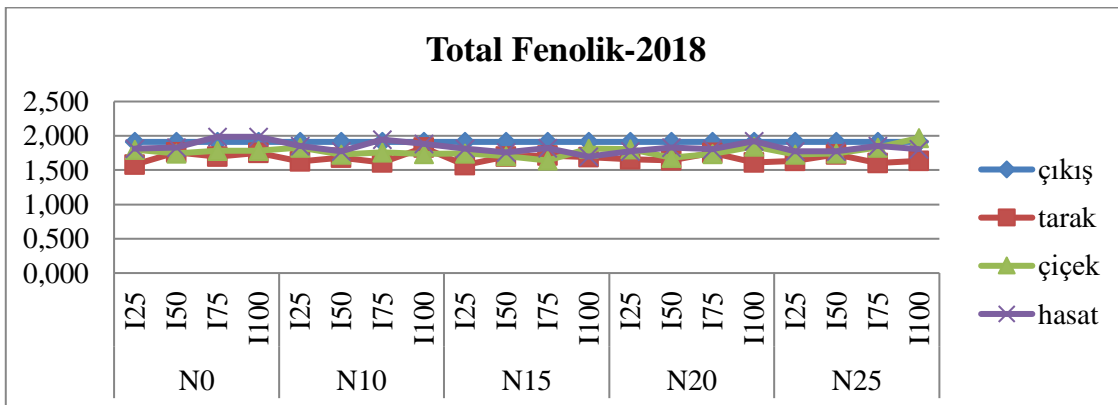
2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının pamuk bitkisinin çıkış, tarak, çiçeklenme ve hasat dönemlerinde alınan yapraklarında elde edilen totafenolik madde miktarına ilişkin değerleri Tablo 5.'de ve Şekil 9. ve 10'da verilmiştir.



Şekil 9. 2017 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki total fenolik madde miktarı grafik değerleri

Tablo 5. 2017 ve 2018 yıllarında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerinde yapraktaki total fenolik madde miktarı değerleri

Uygulanan Dozlar	Kontrol		Tarak		Çiçek		Hasat	
Azot (N)	2017	2018	2017	2018	2017	2018	2017	2018
N <sub>0</sub>	0.280	1.910	0.223 ab	1.698	0.208	1.775	0.255	1.905
N <sub>10</sub>	0.280	1.910	0.215 ab	1.690	0.203	1.765	0.247	1.863
N <sub>15</sub>	0.280	1.910	0.202 b	1.673	0.178	1.725	0.243	1.775
N <sub>20</sub>	0.280	1.910	0.232 a	1.665	0.240	1.765	0.253	1.832
N <sub>25</sub>	0.280	1.910	0.230 ab	1.655	0.222	1.818	0.247	1.805
Sulama (I)								
I <sub>25</sub>	0.280	1.910	0.222	1.618	0.226	1.780	0.252	1.804
I <sub>50</sub>	0.280	1.910	0.216	1.704	0.196	1.720	0.234	1.794
I <sub>75</sub>	0.280	1.910	0.220	1.678	0.206	1.750	0.238	1.884
I <sub>100</sub>	0.280	1.910	0.224	1.704	0.212	1.828	0.272	1.862
İnteraksiyon (NxI)	**	ÖD	**	ÖD	ÖD	ÖD	*	ÖD
Ortalama	0.280	1.910	0.220	1.676	0.210	1.769	0.249	1.836



Şekil 10. 2018 yılında uygulanan farklı azot dozları ve sulama suyu miktarlarının çıkış, tarak, çiçeklenme, hasat dönemlerindeki yapraktaki total fenolik madde miktarı grafik değerleri

## SONUÇ ve TARTIŞMA

Analiz sonuçlarına göre, yaprak dokularındaki bağıl su içeriği 1. Yıl ve ikinci yılda tarak, çiçek ve hasatta birbirine paralel olarak yüksek bulunmuştur. 1. Yıl çiçek döneminde yüksek bulunurken, 2. Yılda tarak döneminde yüksek bulunmuştur. Azot uygulamasına bağlı olarak bağıl su içeriğine olumlu yönde katkı sağladığı anlaşılmıştır (Çizelge 1).

Yapraktan yapılan N uygulaması, yaprakların klorofil düzeyinde önemli sayılabilecek artışlar sağlamıştır (Çizelge 2). Üre uygulamaları ile yapraklardaki klorofil miktarının artması, arasındaki gözlemlere göre, N yetersizliğinden kaynaklanan yaprak dökülmelerini önemli ölçüde azalmıştır. Her iki yılda stresle birlikte toplam klorofilde önemli artış olmuştur. İstatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Klorofil konsantrasyonunun artması fotosentez oranının artmasıyla ilişkili olabilir. Klorofil miktarı yalnız başına azotun olumlu gelişmesine bir gösterge olamaz. Ancak diğer parametrelerce desteklenmesi bakımından önemli sayılabilir.

MDA miktarı birinci ve ikinci yıllarda uygulanan azot dozlarının etkili olması ile tüm ortamlarda MDA'nın kontrole göre azalmasına sebep olmuştur. MDA'nın azalması hücre zarı hasarının az olduğu anlamına gelmektedir. Uygulanan azot dozlarının stresi azaltmada etkili olduğu dolayısı ile düşük sonuçların elde edildiği sonucu çıkarılmıştır. Azot uygulamasıyla kuraklık toleransının arttığını lipid peroksidasyonu açısından inceleyen sınırlı sayıda çalışma vardır. Çalışmalar, kuraklık stresiyle lipid peroksidasyonunun arttığı yönündedir. Bu bağlamda, mısır ve hıyarda yürütülen denemelerde kuraklık stresinin neden olduğu en karakteristik değişikliğin lipid peroksidasyonunda ki artış olduğu bulunmuştur (Ben-Amor ve ark., 2006). Kendall ve McKersie (1989)'nin bildirdiğine göre, stres koşullarında üretilen aktif O<sub>2</sub> radikalleri membranlarda lipid peroksidasyonuna neden olmakta ve bu durum da membranların zararlanmasıyla sonuçlanmaktadır. Azot uygulamasına bağlı olmaksızın denemede ki pamuk yapraklarında ortalama lipid peroksidasyon değerlerinin kontrollerden yüksek olması pamuk bitkisinin çevresel stres faktörlerinden daha fazla etkilenebileceği ve serbest radikal oluşumunun daha yüksek olabileceği sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Deneme, kontrol bitkilerine göre değerlendirildiğinde, kuraklık stresi ile lipid peroksidasyonunda meydana gelen artış, N uygulamasıyla özellikle iki yılda da önemli ölçüde artmıştır (Çizelge 3). Uygulanan azotun olumlu etkisinin bir ya da daha fazla mekanizmayla membranların dayanıklılığına katkıda bulunduğu işaret etmektedir.

Prolin miktarı birinci yıl kontrolde ve genel olarak tüm zamanlarda yüksek bulunmuştur. İkinci yıldaki analizlerde ise kontrolle birlikte tüm ortamlarda düşük bulunmuştur. Birinci yıldaki yüksek miktarı ile ikinci yıldaki düşük miktar bulunmasının sebepleri bitkinin yetiştirme ortamı alınan örnek ile iklim değişikliklerinin aradaki farka etki ettiğini söyleyebiliriz. Bitki dokularında bol miktarda bulunan aminoasitlerden biri olan prolinin, serbest O<sub>2</sub> radikallerinin detoksifikasyonuna katıldığı (Bohnert ve Sheveleva, 1998) bildirilmektedir. Değişik bitkilerde stresle birlikte prolin konsantrasyonunun artmasıyla, kuraklık stresine karşı toleransın da arttığı gösterilmiştir. Örneğin, yaprak prolin içeriğiyle strese karşı tolerans arasında yoncada (Paquin, 1977), halofitlerde (Popp ve Albert, 1981), kışık kolza ve kışık buğdayda (Ghoulam ve ark., 2002) pozitif ilişki bulunmuştur. Kushad ve Yelenosky (1987), Öncel ve Keleş (2002)'nin bildirdiğine göre, bitkilerin kuraklık stresinde canlılığını devam ettirebilmesinde, prolin konsantrasyonundaki yüzde artıştan daha çok, yapraklardaki mutlak prolin miktarı daha önemli olmaktadır. Sonuç olarak, prolin içeriğinin artmasıyla birlikte strese karşı toleransın arttığı (Yelenosky ve Vu, 1992) ve buna ek olarak, N uygulamasıyla da prolin konsantrasyonunun arttığı göz önüne alınırsa N'un, bitkilerin kuraklık stresine bağlı oksidatif strese dayanıklılığında önemli rol oynayabileceği söylenebilir. Nitekim, Caporn ve ark. (1994), bitkilerin kuraklık stresine karşı artan toleransının, dokulardaki N düzeyinin artışına bağlı olarak prolin ve arginin veya tanımlanmamış başka N içerikli bileşiklerin düzeylerinin artışlarıyla ilişkili olduğunu tahmin etmektedir (Çizelge 4).

Bu amaçla, çiftçi bazında uygulama yaparken, çalışmada kullanılan N<sub>20</sub>I<sub>75</sub> ve N<sub>20</sub>I<sub>100</sub> azot-su dozlarından birincisinin N<sub>25</sub>I<sub>75</sub> ve N<sub>25</sub>I<sub>100</sub> veya bu iki dozun arasında bir değer seçilmesi ve meyve öncesi dönemde en az 2 defa 10' ar gün arayla uygulama yapılması uygun olacaktır. Ancak, üre uygulamasından önce bitkinin azot beslenme statüsünün belirlenmesi ve uygulama dozu ve sayısının buna göre yapılması gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Harran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (Proje numarası: 17214) tarafından desteklenmiştir.



## KAYNAKLAR

- Ashraf M, ve Harris PJC 2004. Abiotic stressess: Plant resistance through breeding and molecule rapproches. HaworthPress, New York.
- Bates LS, Waldren RP, Teare ID 1973. Rapid determination of free proline for water- stres studies. Plant and Soil, 39: 205-207.
- Ben-Amor N, Jimenez A, Megdiche W, Lundqvist M, Sevilla F. Abdelly C 2006. Response of antioxidant systems to nacl stres in the halophyte cakile maritima. Physiologia Plantarum, 126: 446-457.
- Blum, A., 1986. Breeding crop varieties for stress environments. Critical Reviews in Plant Sciences, 2:199-237.
- Bohnert HJ Sheveleva E 1998. Plant stres adaptations-making metabolism move. Current Opinion in Plant Biol., 1: 267-274.
- Caporn SJM, Risager M, Lee JA 1994. Effect of nirtogen supply on frost hardiness in calluna vulgaris (l.) hull. New Phytol. 128: 461-468.
- Chandler S, Dodds J 1983. The effect of phosphate nitrogen and sucrose on the production of phenolic sandsocosidine in callus cultures of solanum laciniatum l.. Plant Cell, 2: 105-108.
- Ghoulam C, Foursy A, Fares K 2002. Effect of salt stres on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation to osmotic adjustment in five sugar beet cultivars. Environmental an Experimental Botany, 47: 39-50.
- Güneş A, Çiçek N, İnal A, Alpaslan M, Eraslan F, Güneri E, Güzelordu T 2006. Genotipic rеспonse of chicpea (Cicerarietininum L.) cultivars to drought stres implemented at pre- and post- an thesis stages and its relation swith nutrient uptake and efficiency. Plant Soil Environment, 52:368-376.
- Kalefetoğlu T, Ekmekçioğlu Y 2005. Bitkilerde kuraklık stresinin etkileri ve dayanıklılık mekanizması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 18(4):723-740.
- Kendall EJ, Mckersie BD 1989. Free radical and freezing injury to cell membranes of winter what. Physiol. Plant. 76. 86-94.
- Kushad MM, Yelenkosky G 1987. Evaluation of polyamine and proline levels during low temperature acclimation of citrus. Plant physiol. 84: 692-695.
- Luna C, Seffino LG, Arias C, Taleisnik E 2000, Oxidative stres indicators as selection tools foor salt tolerance in chlorisgayana. Plant Breeding, 119, 341-345.
- Lutts S, Kinet JM, Bouharmont J 1996. NaCl-Induced senesence in leaves of rice (oryza sativa l.) cultivars differing in salinity Resistance, Ann. Bot., 78, 389-398.
- Öncel I, Keleş Y 2002. Tuz stresli altında buğday genotiplerinde büyüme, pigment içeriği ve çözünür madde kompozisyonunda değişimler. Cumhuriyet Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi, 23(2), 8-16.
- Paqum, R., 1977. Effect des basses temperatures sur la resistance au gel de la luzerne (Medicago media Pers.) et son contenu en prolinr libre. Physiol. Veg. 15: 657-665.
- Popp M, Albert R 1981. Jahreszeitliche und altersbedingte varitionen im stickstoffhaushalt von halophyten. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 94. 171-180.
- TÜİK, 2016. <https://biruni.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. 01.04.2016.
- Yelenosky G, Vu JCV 1992. Agabeylity of valencia sweet orange to cold-acclimate on cold-sensitive citron rootstock. Hortsci. 27 (11): 1201-1203.

## Temporal and spatial distribution of tropospheric CO<sub>2</sub> over Aleppo based on AIRS during 2003-2016

Teysir Alzamil\* (<https://orcid.org/0000-0002-8701-4047>), Fatema Battour (<https://orcid.org/0000-0002-2619-1023>)

Aleppo University in Liberated Areas, Science and Engineering Faculty, Physics Department, Azaz, Syria.

\*Corresponding author e-mail: dr-taiseer@outlook.com

### Abstract

Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is a basic component of the atmosphere, and it occupies about 0.037% of the air volume. The main sources of carbon dioxide emission are natural (decomposition, ocean release and respiration) and human sources (activities like cement production, deforestation as well as the burning of fossil fuels like coal, oil and natural gas). In this research we studied the concentration of carbon dioxide over Aleppo - Syria during the period 2003-2016 using AIRS. We got carbon dioxide data from NASA, it is data encoded in nc, and this data has been decoded using java and Panoply software. We used MATLAB to map changes in CO<sub>2</sub> concentration over a time period (2003-2016), and Origin to map averages of monthly changes from (2010-2016). The annual results show a clear increase in the concentration of carbon dioxide, reaching its highest value in 2016. As for the monthly change, we found that the gas concentration has the highest value in May and the lowest value in September, and we also found that the largest value of the concentration difference between May and September was in 2015.

Keywords: Atmosphere, Carbon dioxide, climate.

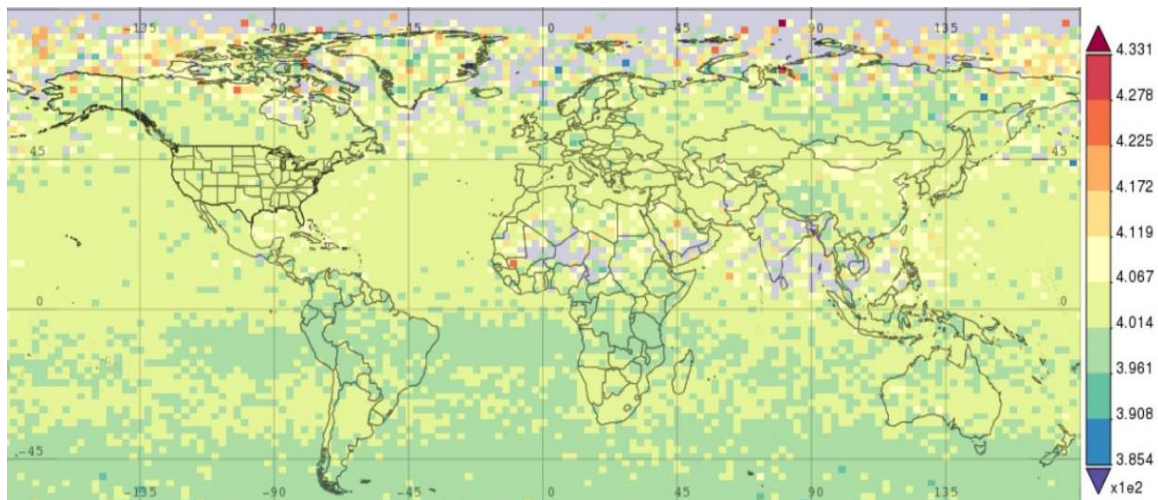
### INTRODUCTION

Carbon dioxide is a chemical compound of two elements, carbon and oxygen in the ratio of one to two; its molecular formula is CO<sub>2</sub>. It is present in the atmosphere in small quantities and plays a vital role in the Earth's environment as a necessary ingredient in the life cycle of plants and animals (Bachu et al, 2013). Add to that, Carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) is one of the most prominent greenhouse gases and plays an important role in climate and climate change. The greenhouse gases trapping the reflected rays from the earth, so that more than half of the observed increase in global mean surface temperature (GMST) from 1951 to 2010 is very likely due to the observed anthropogenic increase in greenhouse gas (GHG) concentrations (Achutarao et al, 2013). Several researchers have studied the temporal and spatial dynamics of atmospheric CO<sub>2</sub> because of its importance environmental effects, As a kind of major greenhouse gas, CO<sub>2</sub> is mainly produced by human activities. The increase of CO<sub>2</sub> concentrations has significant effects on global climate change (Cao et al, 2017). The major causes of CO<sub>2</sub> enhancement are increasing anthropogenic emissions, especially fossil fuel combustion, cement production and land use change (Saxena and Naik, 2019). Carbon dioxide is one of the most serious greenhouse gases for a reason CO<sub>2</sub> is long-lived and well-mixed in the atmosphere and its largest gross fluxes are of natural origin photosynthesis and respiration (Reuter et al, 2019). The last decades have seen significant development in tracking greenhouse gas concentration including satellite use such as Aqua, which is a major satellite mission of the Earth Observing System (EOS), an international program centered at the U.S. National Aeronautics and Space Administration NASA (Ridha, 2019). Aqua carries a set of instruments that work simultaneously to provide integrated coverage for the atmosphere: the Atmospheric Infrared Sounder (AIRS), the Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU), the Humidity Sounder for Brazil (HSB), the Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS (AMSR-E), the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS), and Clouds and the Earth's Radiant Energy System (CERES) (Parkinson, 2003). AIRS was launched in May 2002 onboard NASA EOS-Aqua and has 2378 channels in the IR range (3.7 - 15.4)  $\mu\text{m}$ , three absorption bands with a spectral resolution power ( $\lambda/\Delta\lambda$ ) larger than 1200. AIRS is designed to be used for deriving atmospheric temperature, humidity profiles and total ozone (Zhang and Li Jun, 2017). The AIRS/AMSU sounding system on the NASA Aqua platform has been operational since the first of September 2002. The AIRS and AMSU instrument are each track scanning nadir sounders that are co-aligned and have a swath roughly 1650 km wide (Gupta et al, 2019).

## MATERIALS AND METHODS

In this search we obtained data from Giovanni NASA and use Panpolay and Java to convert the data from the nc format to text. Then we use Origin Lap and MATLAB to map the carbon dioxide concentration changes. we used the statistical program spss to calculate the Std. Deviation of carbon dioxide concentration in the studied areas.

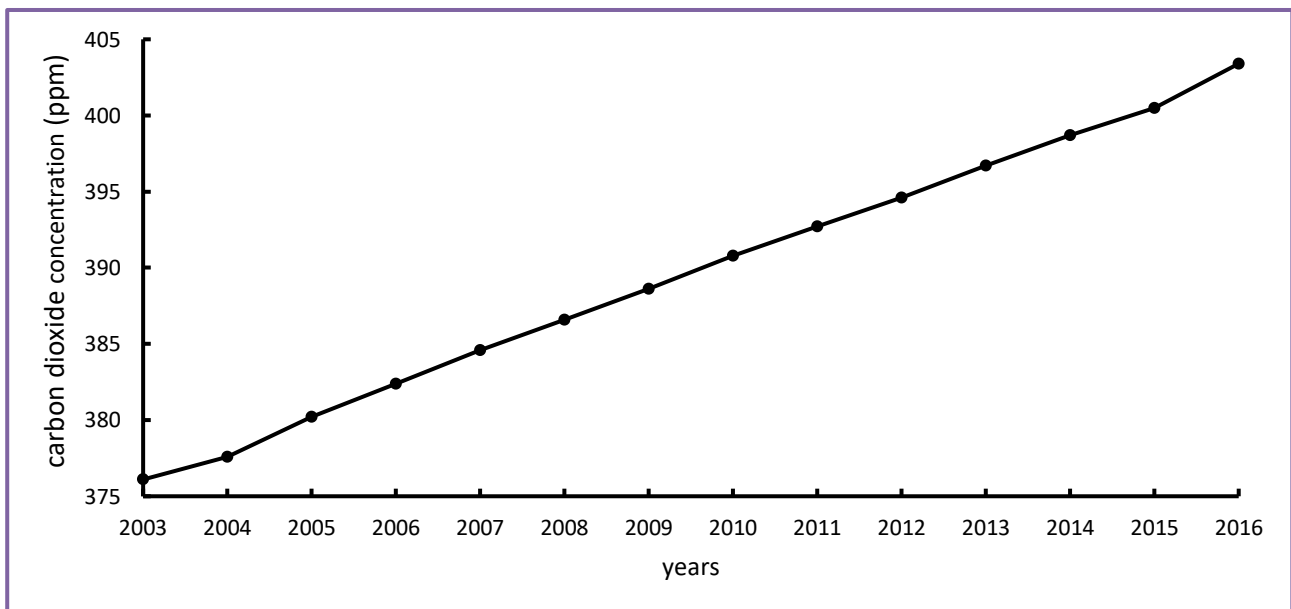
We obtained a map for distributed carbon dioxide in May 2016 from Giovanni NASA as describe in figure 1.



**Figure 1.** The time average map for carbon dioxide concentration (ppm) in May 2016

## RESULTS and DISCUSSION

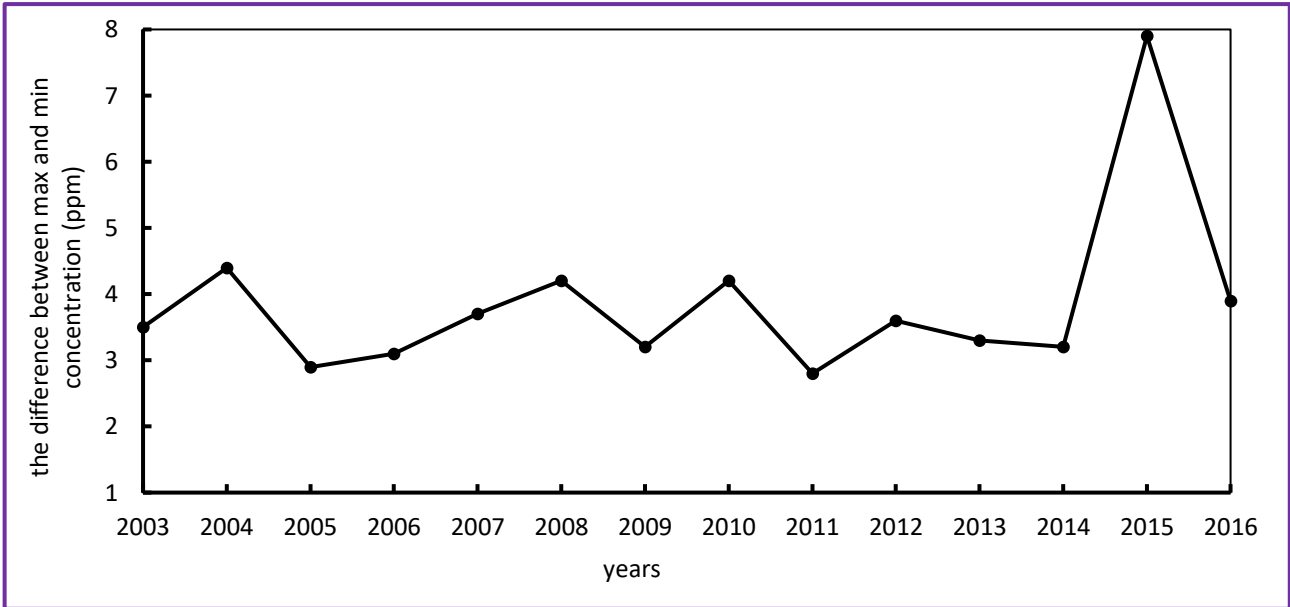
After processing the data which have from AIRS/Aqua ,we plotted the average carbon dioxide concentration over Aleppo Syria for each year from 2003 to 2016 as in figure 2. we noticed from the figure that the concentration of carbon dioxide increased linearly by about 2.5 ppm per year.



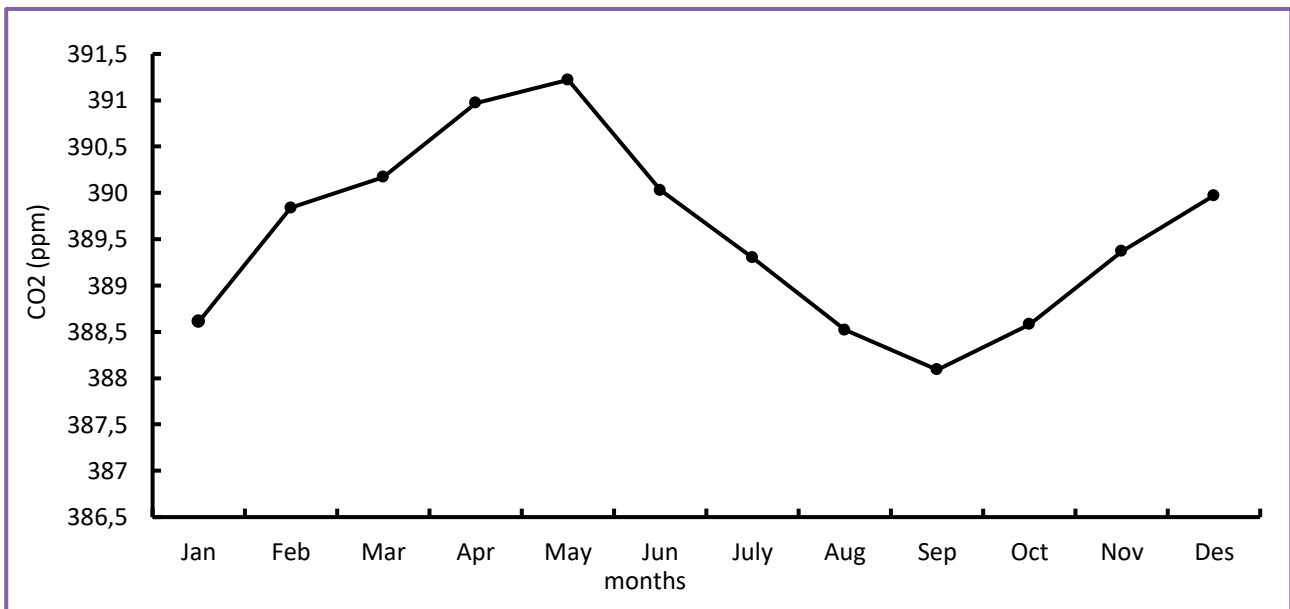
**Figure 2.** Annual carbon dioxide concentration (ppm) over Aleppo 2003-2016

We calculated the difference between the maximum and minimum value of the concentration of CO<sub>2</sub> in each year, then we drew this difference in term of the year as in figure 3 and we notice from this figure that the maximum difference was in 2015 where the maximum value of CO<sub>2</sub> concentration was 406.1 ppm, the minimum value was 398.2 ppm and the difference was 7.9 ppm.

After that, we calculated the average concentration of CO<sub>2</sub> for each month during the years 2003-2016 and drew this average in terms of the months, we obtained figure 4 and notice that the maximum value was 391.22 ppm in May and the minimum value was 388.09 ppm in September.

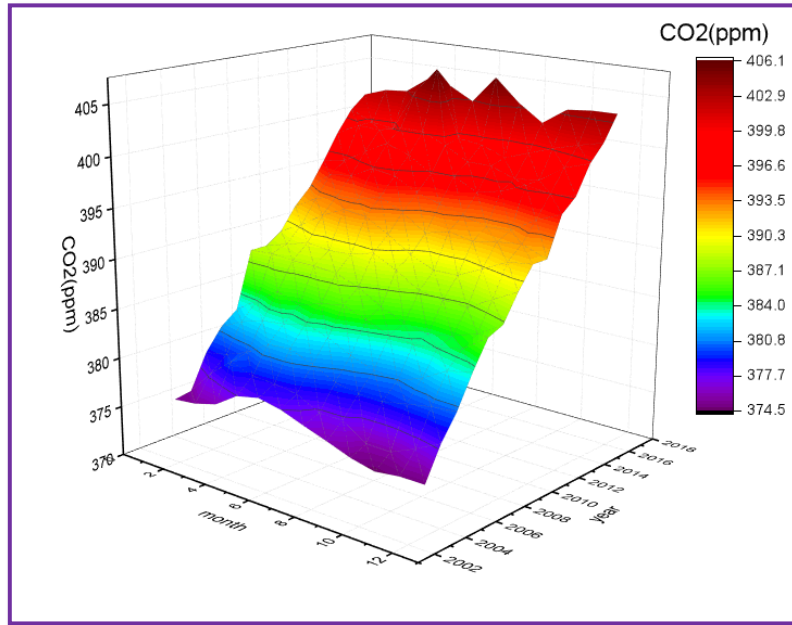


**Figure 3.** The difference between maximum and minimum value concentration of CO<sub>2</sub> (ppm) 2003-2016



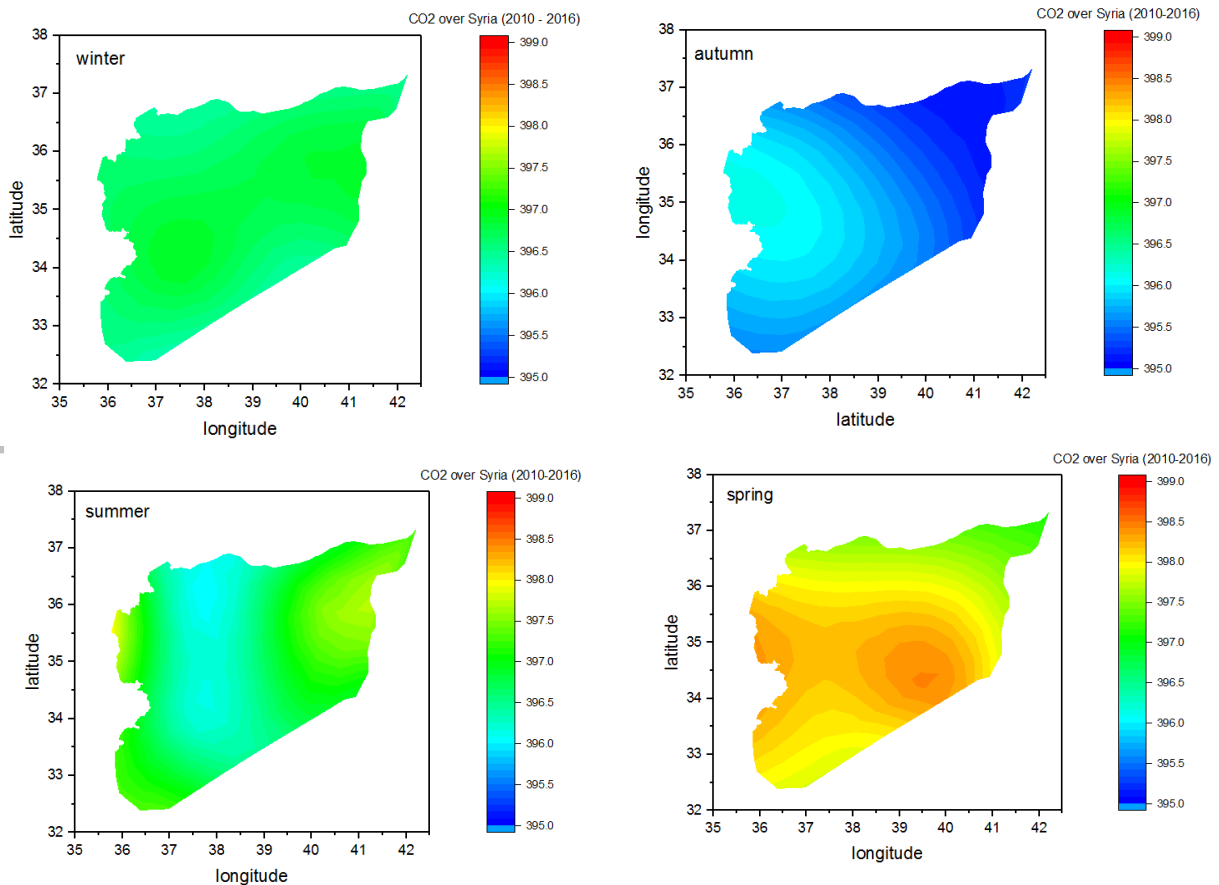
**Figure 4.** The monthly average variations of CO<sub>2</sub> concentration over Aleppo (2003-2016)

For more clarification, we used the Origin Lab program for the 3- dimensional variations in carbon dioxide concentration (ppm) over Aleppo Syria during (2003-2016).Figure 5 shows change of CO<sub>2</sub> concentration in term month and year.



**Figure 5.** The 3- dimensional variations in CO2 concentration (ppm) over Aleppo 2003-2016

We also obtained the seasonal changes of carbon dioxide concentration (ppm) from 2010 to 2016. The months DJF represent Winter, MAM represent Spring, JJA represent Summer and SON represent Autumn. The results showed the maximum value was in Spring and the minimum value was in Autumn. we use Origin Lab program to map the seasonal changes of carbon dioxide concentration (2010-2016), as shown in the following figures:



Finally ,we calculated the Std. Deviation using spss for the carbon dioxide concentration over Aleppo during 2003-2016 and it was 8.68.

## **CONCLUSION**

The present study shows spatio-temporal variability in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) in the free- tropospheric region over Aleppo (Syria) during 2003–2016. The data used in this study is retrieved from Atmospheric Infra-Red Sounder (AIRS). Analysis of 14 years of data for CO<sub>2</sub> showed linear increasing in the annual variability about 2.5 ppm each year. From the seasonal variations of carbon dioxide concentration (ppm) 2010 – 2016 we found that the maximum value was in Spring and the minimum was in Autumn , the monthly variations observed to be highest in May and lowest in September and the maximum difference between the minimum and maximum value of carbon dioxide concentration was 7.9 ppm in 2015.

## **SUGGESTIONS**

We suggest conducting more research in this field in order to prepare a database of weather factors so that all researchers within their fields of specialization can benefit from it.

## **REFERENCES**

- Anju gupta,S K Dhaka,Y Matsumi 2019. Seasonal and annual variation of AIRS retrieved CO<sub>2</sub> over India during 2003–2011.
- Claire L. Parkinson 2003 .Aqua: An Earth-Observing Satellite Mission to Examine Water and Other Climate Variables. IEEE transactions on geoscience and remote sensing, vol.41,No.2,February .
- Krishna Mirle AchutaRao, Myles R. Allen,Nathan Gillett 2013 .Detection and Attributionof Climate Change:from Global to Regional.
- Liangzhong , Xi Chen , Chi Zhang 2017. The Temporal and Spatial Distributions of the Near-Surface CO<sub>2</sub> Concentrations in Central Asia and Analysis of Their Controlling Factors. Journal of atmosphere.
- Maximilian Reuter, Michael Buchwitz, Oliver Schneising 2019. Towards monitoring localized CO<sub>2</sub> emissions from space: co-located regional CO<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> enhancements observed by the OCO-2 and S5P satellites.
- Pallavi Saxena, Vaishali Naik 2019. Air Pollution: Sources, Impacts and Controls.
- Peng Zhang, Jun Li 2017. Satellite Based Atmospheric Infrared Sounder Development and Applications.
- Russell Abd Almanf Ridha 2019. Monitoring the Behavior of Carbon dioxide Concentration using AIRS data over Iraq during 2003-2016.
- Stefan Bachu,Dale Simbeck,Kelly (Kailai) Thambimuthu 2013. Properties of CO<sub>2</sub> and carbon-based fuels.IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage.

## Synthesis and applications of metal oxide and metal oxide/clay nanocatalysts by using hydrothermal synthesis method: A review

Murat Kıranşan (ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8520-6563>)

Gümüşhane University, Gümüşhane Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, 29100 Gümüşhane, Turkey.

Corresponding author e-mail: [murat.kiransan@gumushane.edu.tr](mailto:murat.kiransan@gumushane.edu.tr)

### Abstract

Hydrothermal synthesis method refers to the heterogeneous reaction medium that occurs in the presence of aqueous solvents or the mineralizers under high pressure and temperature to ensure in the dissolution and recrystallization of the materials that cannot to be dissolved under optimum conditions. Hydrothermal synthesis can to be defined as a heterogeneous chemical reaction that takes place in the presence of an aqueous or non-aqueous solvent in a closed system at the temperatures above room temperature and pressure values greater than 1 atm. This method has been widely accepted since 1960 and most complex oxides, silicates, phosphates, carbonates and practically all inorganic materials have been the synthesized by this method. The hydrothermal method include a wide range of the piezoelectric material preparation, including magnetic, optical, ceramic and single crystals, as well as multiple crystals. Especially hydrothermal technology provides many advantages for the inorganic materials compared to other synthesis methods. All forms of the inorganic materials, single crystals, powders, fibers, monolithic ceramic bodies, metallic coatings, polymers and ceramics can be prepared by using hydrothermal synthesis. Hydrothermal technology is a more environmentally amicable method than many other methods because it saves energy in low temperature processes, wastes can be recycled and it is suitable and reliable disposal of non-recyclable wastes. In the 1990s, changes were made in the hydrothermal method and the solvothermal technique by using solvents different from water was the developed and research focused on the physicochemical properties of these solvents. New batch and current reactors suitable for the special applications have been produced. In the 2000s, the hydrothermal method has been used in the production of nano materials. The hydrothermal method is a very interesting method for the synthesis of the nano materials with excellent crystal quality since in the reaction temperature is below 200 °C. It is easy to be control the particle size and morphology by changing in the synthesis parameters in the hydrothermal method. It is a convenient method that allows in the material to be synthesized in the desired crystal phase. With the hydrothermal synthesis method, different metal oxide nanocatalysts such as the Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SrTiO<sub>3</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, TiO<sub>2</sub>, MoO<sub>3</sub>, MoS<sub>2</sub>, SiC and ZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> can to be synthesized in the desired size.

**Keywords:** Hydrothermal synthesis, metal oxide/clay nanocatalysts, high pressure and temperature, inorganic materials, nano-size.

### INTRODUCTION

With the development of the geochemistry, as the name suggests the hydrothermal synthesis method by using aqueous solutions has begin to develop (Keleş, 2019). British geologist Sir Roderick Murchison (1792-1871) was the first to observe in the movement of the water at high temperature and pressure during the natural formation of the various stones and minerals in the earth's crust (Byrappa and Adschiri, 2007; Keleş, 2019). As a result of these investigation, he is stated that the most of the minerals formed at different stages in the presence of water under high temperature and pressure conditions were of the hydrothermal source (Byrappa and Adschiri, 2007).

Many different definitions have been used in the literature to expression the hydrothermal synthesis method. According to the Laudise, hydrothermal growth means growth from aqueous solution the under ambient or ambient conditions (Laudise, 1970). On the other hand according to the Lobachev, it is a method in the which crystallization is the carried out at high pressures in superheated aqueous solutions (Lobachev, 2013). Rabenau also defined hydrothermal reactions as the heterogeneous reactions that take place in the environments above 100 °C and 1 bar pressure (Rabenau, 1985). According to the definition of Byrappa, hydrothermal synthesis is a heterogeneous reaction carried out in the aqueous environment at a temperature above room temperature and a pressure greater than 1 atm (Byrappa and Adschiri, 2007; Keleş, 2019). Yoshimura also defined hydrothermal

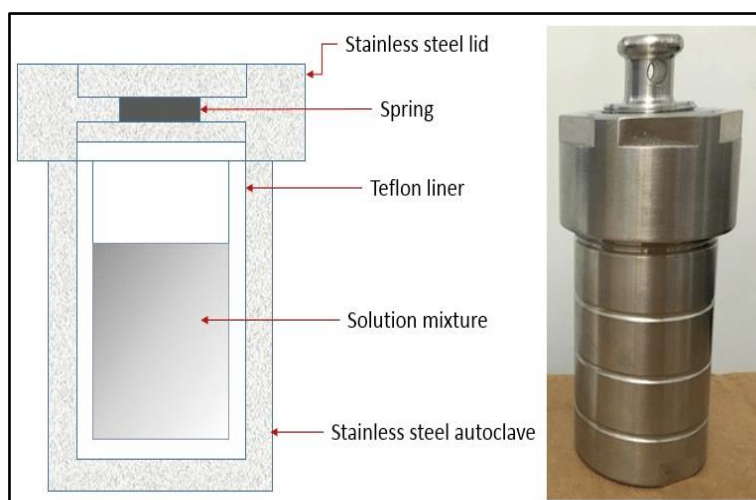
synthesis as the reactions occurring in the aqueous solutions under high temperature and high pressure ( $T > 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P > 1\text{ atm}$ ) conditions in a closed system (Yoshimura and Suda, 1994; Keleş, 2019).

## MATERIALS AND METHODS

### Hydrothermal Method

When the studies on this subject are examined, it is seen that most of them were carried out the above  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  and  $1\text{ atm}$  pressure (Eral, 2006; Keleş, 2019). In addition, following in the production of the quartz crystals and molecular sieves studies in this area have been continued in order to find new application areas of the hydrothermal method both scientifically and technologically (Byrappa and Adschiri, 2007).

After all these developments the hydrothermal method has become a remarkable method for the efficient production of the advanced technology materials by scientists such as chemists, geologists, mineralogists, physicists, ceramicists, material scientists and engineers and hydro-metallurgists who are interested in the many other branches of science (Byrappa and Yoshimura, 2012).

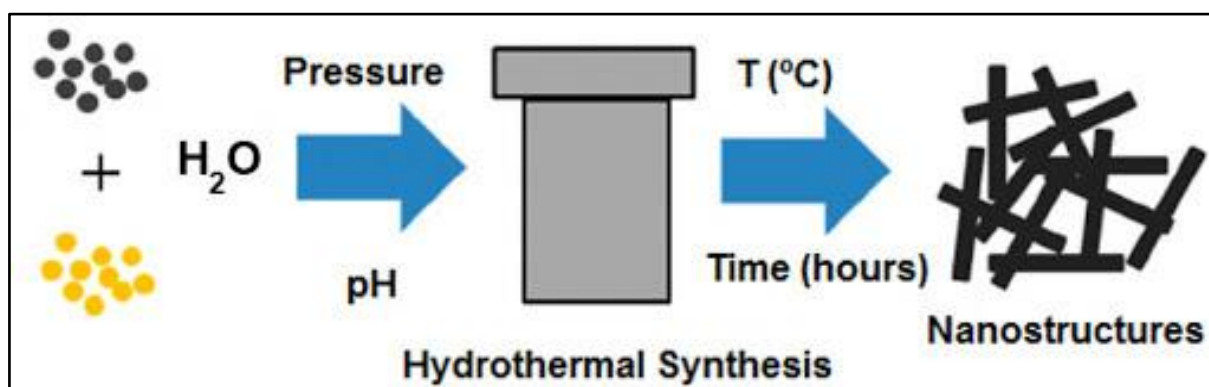


**Figure 1.** Parts of the autoclave used in the hydrothermal synthesis method (Byrappa and Yoshimura, 2012).

Most of these advanced materials synthesized by the hydrothermal method have a well-synthesized form. Nanoparticles synthesis by the hydrothermal method is an advantageous method because it allows the control of the particle size and the synthesized structures have been high purity (Keleş, 2019).

### Mechanism of the Hydrothermal Synthesis Method

Hydrothermal method is a production method that is widely preferred in the synthesis of the ceramic powder materials and belongs to the group of the liquid state reactions where reactions take place in a closed autoclave system (Keleş, 2019).



**Figure 2.** Deposition of thin films are carried out in collaboration with Thales Research and Technology and SPCTS –Univ. Limoges.



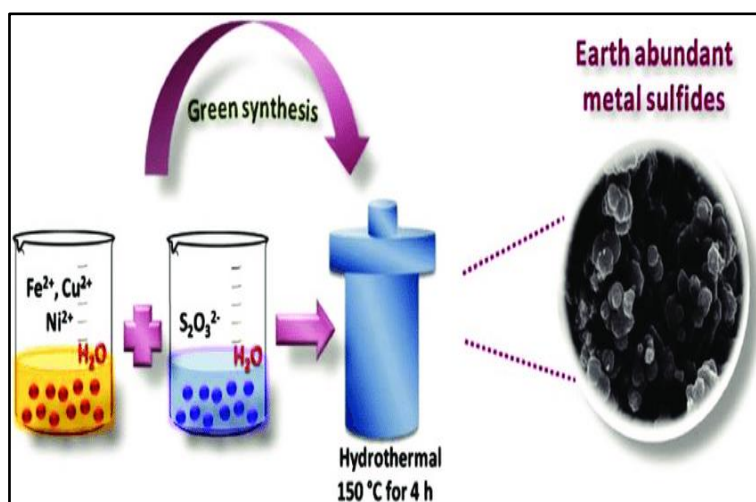
This method performs the synthesis of the material systems that cannot be synthesized under normal conditions ( $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $P = 1\text{ atm}$ ) by dissolving precursor chemicals in an aqueous solution with the help of a solvent. The hydrothermal synthesis method allows the synthesis of nanomaterials at higher temperature than room temperature ( $160\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) and pressure conditions higher than normal atmospheric pressure. Here, under normal conditions the unstable phases become stable as a result of the decrease of their free energy with the help of the high pressure (Riman et al., 2002). Hydrothermal method is the crystallization of the substances in the aqueous solution at high pressure ( $> 1\text{ atm}$ ) and high temperature ( $> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) in a closed system. According to another definition the hydrothermal synthesis method is a crystal synthesis method under high pressure and depending on the solubility of the mineral in the water at high temperatures (Fang et al., 2001).

## RESULTS and DISCUSSION

### Materials Synthesized by Using Hydrothermal Method and Their Usage Areas

Recently, interest in the hydrothermal method has increased through various technological developments. Powders synthesized by the hydrothermal method are homogeneous powders with the high purity and narrow size distribution. It is often preferred because it allows powder synthesis with desired chemical and physical properties by using changing experimental parameters such as the temperature pressure and time during synthesis (Fang et al., 2001). Compared with traditional methods, the synthesis of complex structured systems by hydrothermal method can occur at low temperatures (Fang et al., 2001).

For example, synthesis of nanomaterials in the solid state reactions is the possible at higher temperatures (such as  $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) while relatively low temperatures such as the  $160\text{--}180\text{ }^{\circ}\text{C}$  are sufficient for production by hydrothermal method (Fang et al., 2001). In this method, there is not need to apply a second heat treatment to the powders synthesized. This prevents some problems such as the clumping and thermal growth (Huerta-Flores et al., 2018).



**Figure 3.** Schematic illustration of the hydrothermal synthesis of  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{CuS}$ , and  $\text{NiS}_2$  powders. Reproduced with permission from (Huerta-Flores et al., 2018)

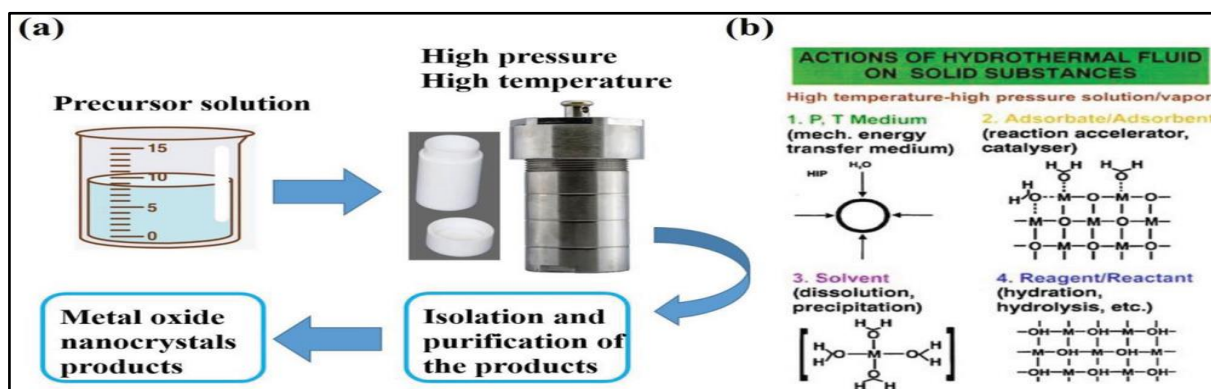
In the hydrothermal method, water is the generally used as the solvent medium to dissolve the starting chemicals during the synthesis. Water is one of the most important solvents found in nature. Its use is beneficial for nature. It is very important that it is non-flammable, non-toxic, carcinogenic and mutagenic. Besides, it is volatile and can be easily removed from the final product. It is thermodynamically stable. Water is also a polar solvent and its polarity can be controlled by temperature and pressure. All these make water advantageous over other the solvents (Eanes, 2001).

The hydrothermal method is a very interesting method for the synthesis of the nano materials with excellent crystal quality since the reaction temperature is under  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ . This method of the direct synthesis in the solution allows the production of very high quality products without impurities (Morita, 2010). It is easy to control the particle size and morphology by changing the synthesis parameters in the hydrothermal method. It is a convenient method that allows the material to be synthesized in the desired crystal phase (Butler, 2002). We can list the advantages of the hydrothermal method as follows: The chemical aspect of the method can be

controlled. It saves energy and is cheap. Good homogeneity is the provided. Low temperatures are sufficient for the production. It is possible to obtain new materials and properties in the nanoscale (Soğuksu, 2019).

### Photocatalytic Applications of the Metal Oxides Synthesized by Hydrothermal Method

Metal oxides are the known to be semiconductors. Numerous material for the photocatalytic degradation processes such as  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SrTiO}_3$ ,  $\text{In}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_4\text{NbO}_{17}$ ,  $\text{SnO}_2$ ,  $\text{ZrO}_2$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{SrO}_2$ ,  $\text{NiO}$ ,  $\text{Co}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{SiC}$  and  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4$ ; it is used as a nanocatalyst to decompose many organic contaminants such as the aliphatic aromatics, dyes, pesticides and herbicides (Malati, 1995).



**Figure 4.** Hydrothermal synthesis stages of the metal oxide nanomaterials (Liu et al., 2014).

Since 1972 when water was the first photocatalytically decomposed into  $\text{H}_2$  and  $\text{O}_2$  with  $\text{TiO}_2$ , photocatalytic  $\text{H}_2$  production has been one of the most popular research topics on the solar energy. Due to its low cost and high activity, large-scale researches are carried out for the use of the nanocatalysts in this field.

For this purpose nanocatalysts; nonmetallic anions are doped with the metal cations, semiconductors and metal hydroxides (Liu et al., 2014). Another area where the photocatalytic activity of nanocatalysts is used is the production of fuel by  $\text{CO}_2$  reduction (Liu et al., 2014). In this study conducted to reduce  $\text{CO}_2$  in the visible light to  $\text{CH}_3\text{OH}$  using pure  $\text{TiO}_2$ , CdS doped  $\text{TiO}_2$  and  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  doped  $\text{TiO}_2$ , the highest efficiency was obtained with the  $\text{Bi}_2\text{S}_3$  doped  $\text{TiO}_2$  (Li et al., 2012). Titanium dioxide is the most widely used photocatalyst in the advanced oxidation processes applied for the removal of stubborn organic pollutants due to its non-toxicity, high thermal and chemical stability, low cost compared to other photocatalysts, and high photoactivity (Verma et al., 2012).  $\text{TiO}_2$  synthesized by using hydrothermal method was used in the removal of volatile organic pollutants such as the acetone, 4-chlorophenol and bisphenol-A by photocatalytic oxidation (Doong et al., 2013).

### CONCLUSION

It is the metal oxide nanocatalyst synthesis reaction of the hydrothermal synthesis method, at high pressure and at low temperatures such as 160-200  $^\circ\text{C}$ . Nanocatalysts synthesized by the hydrothermal method consist of the particles with homogeneous distribution and have been extremely pure and high crystal structure. The structure of the particles can be controlled and because they have a very small particle distribution they have the properties required for thin films suitable for the desired purpose.

During the hydrothermal synthesis, while the desired material system is synthesized the reactions follow each other; it is realized by direct transformation and dissolution-precipitation mechanisms. The first stage is the phase in the which direct phase transformation of precursor chemicals dispersed in the solution takes place. Subsequently, the chemicals undergoing phase transformation dissolve in the solvent reach saturation and precipitate, respectively, by dissolution and precipitation mechanism.

### ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express special thanks to the Gümüşhane University for supports.

## REFERENCES

- Butler TJ, Gerald WE, Mark AH, Ringer JR 2002. Flowering in crimson clover as affected by planting date. *Crop Science*, 42: 242-247.
- Byrappa K, Adschiri T 2007. Hydrothermal technology for nanotechnology. *Progress in crystal growth and characterization of materials*, 53(2): 117-166.
- Byrappa K, Yoshimura M 2012. *Handbook of hydrothermal technology*. William Andrew.
- Doong RA, Chang SM, Tsai CW 2013. Enhanced photoactivity of Cu-deposited titanate nanotubes for removal of bisphenol A. *Appl. Catal. B: Environ.*, 129: 48-55.
- Eral L 2006 Hydrothermal synthesis and characterization of transition metal (Mn and V) oxides containing phosphates, İzmir Institute of Technology.
- Eanes ME 2001. Synthesis and characterization of alkali silver chalcogenides and alkali rare earth germanates by supercritical fluids.
- Fang J, Huang A, Zhu P, Xu N, Xie J, Chi J, Feng S, Xu R, Wu M 2001. Hydrothermal preparation and characterization of Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> particles. *Materials Research Bulletin*, 36(7-8): 1391-1397.
- Huerta-Flores AM 2018. Green synthesis of earth-abundant metal sulfides (FeS<sub>2</sub>, CuS, and NiS<sub>2</sub>) and their use as visible-light active photocatalysts for H<sub>2</sub> generation and dye removal. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29(13): 11613-11626.
- Keleş E 2019. Hidrotermal yöntemle farklı morfolojilerde çinko-kalay oksit (Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub>) nanoyapıların sentezi ve fotokatalitik özelliklerinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Laudise RA 1970. *The growth of single crystals*, Prentice Hall.
- Li X, Liu H, Luo D, Li J, Huang Y, Li H, Fang Y, Xu Y, Zhu L 2012. Adsorption of CO<sub>2</sub> on heterostructure CdS(Bi<sub>2</sub>S<sub>3</sub>)/TiO<sub>2</sub> nanotube photocatalysts and their photocatalytic activities in the reduction of CO<sub>2</sub> to methanol under visible light irradiation. *Chem. Eng. J.*, 180: 151-158.
- Liu N, Chen X, Zhang J, Schwank JW 2014. A review on TiO<sub>2</sub>-based nanotubes synthesized via hydrothermal method: formation mechanism, structure modification, and photocatalytic applications. *Catalyst Today*, 225: 34-51.
- Lobachev A 2013. *Crystallization processes under hydrothermal conditions*. Springer Science & Business Media.
- Malati MA 1995. The photocatalysed removal of pollutants from water. *Environ. Technol.*, 16: 1093-1099.
- Morita T 2010. *Piezoelectric Materials Synthesized by the Hydrothermal Method and Their Applications*. *Materials*, 3(12): 5236-5245.
- Rabenau A 1985. The role of hydrothermal synthesis in preparative chemistry. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 24(12): 1026-1040.
- Riman RE, Suchanek WL, Lencka MM 2002. Hydrothermal crystallization of ceramics. *Annales de Chimie Science des Matériaux*, 15-36.
- Soğuksu AL 2019. Hidrotermal yöntemle nano yapıları metal oksit parçacıklarının üretimi, fotokatalitik ve elektrokimyasal özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Verma AK, Dash RR, Bhunia P 2012. A review on chemical coagulation/flocculation technologies for removal of colour from textile wastewaters. *J. Environ. Manage.*, 93(1): 154-168.
- Yoshimura M, Suda H 1994. *Hydrothermal processing of hydroxyapatite: past, present, and future. Hydroxyapatite and Related Compounds*. Boca Raton (EE. UU.): CRC Press Inc, 45-72.
- Zhao Z, Fan J, Wang J, Li R 2012. Effect of heating temperature on photocatalytic reduction of CO<sub>2</sub> by N-TiO<sub>2</sub> nanotube catalyst. *Catal. Commun.*, 21: 32-37.

## A review on the preparation of different clay types by the modified with surfactants

Murat Kıranşan\* (ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-8520-6563>), Nuri Güleşçi (ORCID ID: <http://orcid.org/0000-0002-1255-2772>)

Gümüşhane University, Gümüşhane Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Processing Technologies, 29100 Gümüşhane, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [murat.kiransan@gumushane.edu.tr](mailto:murat.kiransan@gumushane.edu.tr)

### Abstract

It is the name given to clay found near Montmorillonite (MMT) in France and was described by Knight in 1896. Depending on the silicate content, the color of MMT clay change from tile red to pale yellow or blue-green. The specific surface area ranges from 750-800 m<sup>2</sup>/g (theoretical value 834 m<sup>2</sup>/g). Due to the swelling property of the MMT layers, it is possible to distribute or deaggregate the clay aggregates in a single layer under appropriate conditions of preparation. It consists of silicate clay minerals, octahedral and tetrahedral layers. Basic building blocks of tetrahedral and octahedral layers; silicon tetrahedral and aluminum octahedral. The Si<sup>4+</sup> cation forms a tetrahedral coordination with oxygen and a smooth quadrature. The most commonly used fillers in the production of organoclays have a layer structure of silicates, of which montmorillonite, bentonite, hectorite and saponite are widely used. Zeolites are in the divided into two groups as natural and synthetic zeolites. In the regions where natural zeolite formation is observed, factors such as the pH value, ion amount and temperature give rise to natural zeolites with the different chemical and physical properties. Physical and chemical properties most of the zeolites come from in the alumina contents. This information is the usually given in the form of the Si/Al ratio. Synthetic zeolites are the generally colorless and powder. Color change is the observed when the exchangeable cations of the zeolites are the replaced by transition metals or when they contain transition metals as the impurities. The cation exchange capacity (CEC) of clay types such as the montmorillonite and zeolite is highly dependent on the Si/Al ratio. The Si/Al ratio affects the amount of the cations that can be change. So that the amount of cations is a function of the density of the anionic structure. The surfactant molecule consists of the combination of the hydrophilic and hydrophobic group. The hydrophobic end division of the surfactant consists of a long hydrocarbon chain, while the hydrophilic division contains in the anions or cations such as the sodium, chloride or bromide. Surfactants can to be classified into four groups as anionic, cationic, non-ionic and amphoteric according to the structure of the hydrophilic group.

**Keywords:** Montmorillonite, zeolite, cation exchange capacity (CEC), surfactant, hydrophilic and hydrophobic group.

### INTRODUCTION

Clay minerals are the main constituent of the sedimentary stones and sediments. In the chemical analysis, clays contain silica, alumina, iron, alkali and earth alkali. Some clays also contain minerals such as the quartz calcite, feldspar, pyrite, dolomite, opal, limestone, cristobalite and amorphous substances that are not clay minerals (Açışlı, 2014). Clays since ancient times; agriculture, ceramics, building, intercalation, quasi-two-dimensional magnetism, structural phase transitions, fractal properties, mixed-crystal behaviors (Açışlı, 2014). Clay minerals have a wide range of the industrial usage areas (especially in the building-environment-agricultural engineering).

The main characteristic considered in the characterization of the clay mineral; the amount and type of the clay minerals, can be listed as specific surface area, the arrangement of layers on top of each other, the type of ions in tetrahedron and octahedron, and their physical properties (Açışlı, 2014). Two-layer clay types, layer structures are composed of the silicon tetrahedral and aluminum octahedral layers (Alexandre and Dubois, 2000). They consist of the equidimensional kaolin group and elongating halloysite groups.

Three-layered clay types consist of two layers of the silicon tetrahedral and a central structure of the dioctahedral or trioctahedral layers (Alexandre and Dubois, 2000).

#### I. Expanding lattice structures: Montmorillonite group

Equal sized the ones: Montmorillonite group (Montmorillonite, saponite, etc.). Vermiculite

Elongated the ones: Montmorillonite group (Nontronite, Saponite, Hectorite)

## II. Non-expanding lattice structures: Illite group

Regular mixed-bedded types: They are formed by the regular piling of the different types of layers. Chlorite group.

Chain structured types: Attapulgit, Sepiolite, Paligorskit (Açışlı, 2014).

Although clay minerals are very small, they show a crystalline structure. There are generally four groups of the clay minerals according to their crystal properties (Alexandre and Dubois, 2000). Kaolinite group, smectite group, illite group and chlorite group. The structure of the clay minerals consists of two types of the atomic crystal structures. One of them is in the octahedral structure and the other is in the tetrahedral structure. The octahedral structure is a well-packed pattern of cation atoms (aluminum, iron or magnesium) between two layers of oxygen or hydroxyl. This structures unit is the called gibbsite (Açışlı, 2014).

## MATERIALS AND METHODS

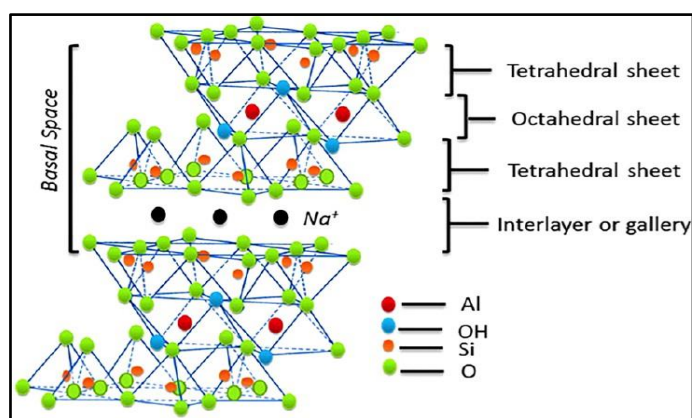
### Silicate Clay Minerals

It consists of the octahedral and tetrahedral layers. Basic structures blocks of the tetrahedral and octahedral layers; silicon tetrahedral and aluminum octahedral. The  $\text{Si}^{4+}$  cation forms a tetrahedral coordination with oxygen and a regular tetrahedron. On the other hand,  $\text{Al}^{3+}$  is generally located in the octahedral or octahedral coordination. General chemical structure and properties of the silicates are given in Table 1 (Ray and Okamoto, 2003).

**Table 1.** Chemical structures and some characteristic parameters of commonly used 2:1 layered silicates (Ray and Okamoto, 2003).

Silicates	Chemical Formula	CEC (meq/100g)	Width Layer (nm)
Montmorillonite	$\text{M}_x(\text{Al}_{4x}\text{Mg}_x)\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$	110	100 -150
Hektorite	$\text{M}_x(\text{Mg}_{6x}\text{Li}_x)\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$	120	200 - 300
Saponite	$\text{M}_x\text{Mg}_6(\text{Si}_{8x}\text{Al}_x)\text{Si}_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4$	86,6	50 - 60

The most commonly used fillers in the production of the organoclays have been 2:1 layer structure and montmorillonite, bentonite, hectorite and saponite are widely used (Zanetti et al., 2000).



**Figure 1.** The structure of 2:1 layered silicates

## Chemical Properties of the Surfactants

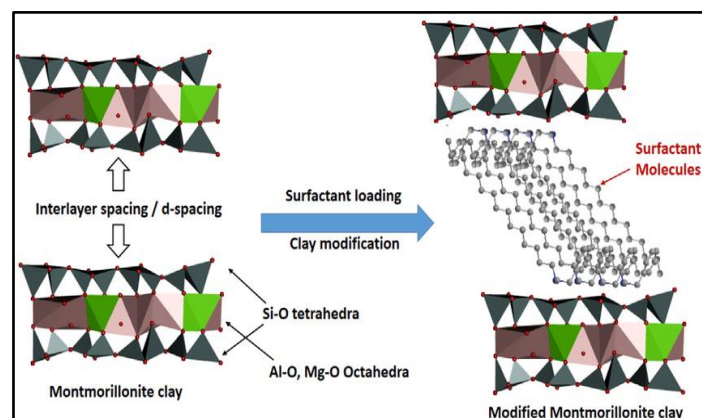
Surfactants are multipurpose the chemical compounds that are widely used in the many industrial applications, textile, food, cosmetics, pharmaceutical, paper industries (Rosen, 1978). When surfactants such as soap, detergent and emulsifiers are dissolved in an aqueous solution or in a non-aqueous medium; since the solute particles prevent the inner solvent molecules from the pulling the solvent molecules on the surface to a certain extent they reduce the surface tension of the solutions (Rosen, 1978). Substances that reduce the surface tension of the solvent are called surface active, while those that do not change the surface tension are called surface inactive (Açışlı, 2014).

The surfactant molecule consists of the combination of hydrophilic and hydrophobic group. The hydrophobic last portion of the surfactant consists of a long hydrocarbon chain, while the hydrophilic first portion contains anions or cations such as sodium, chloride or bromide. Surfactants can be classified into four groups as anionic, cationic, non-ionic and amphoteric according to the structure of the hydrophilic group (Açışlı, 2014). Anionic surfactants are generally derived from the sulfonate, sulfate or carboxyl group and are the compounds that give charged surfactant ions into solution. Examples of the anionic surfactants are sulfonic acid salts, alcohol sulphates, alkyl benzene sulphonates, phosphoric acid esters, and carboxyl acid salts (Bury et al., 1991). These substances tend to be well solvents and are not toxic.

They are compounds that give the solution positively charged the surfactant ions. Examples are polyamines and their salts, quaternary ammonium salts and amine oxides. They are toxic and therefore not widely the used. They also tend to be absorb anionic surfaces. Cationic surfactants are structurally modified quaternary ammonium (alkyl aryl ammonium) compounds and their use is the restricted because they are expensive (Bury et al., 1991).

## RESULTS and DISCUSSION

The synthesis of the organoclays is based on the reaction mechanism of the organic compounds and clay minerals. Organoclays generally; it is prepared by using cation exchange reaction and solid condition reaction (Shah et al., 2016).



**Figure 2.** Schematic representation of clay modification with various Quaternary Ammonium Surfactants (QAS). The increase in inter layer spacing (d-spacing) is depicted due to intercalation of surfactant molecules in clay layers (Shah et al., 2016)

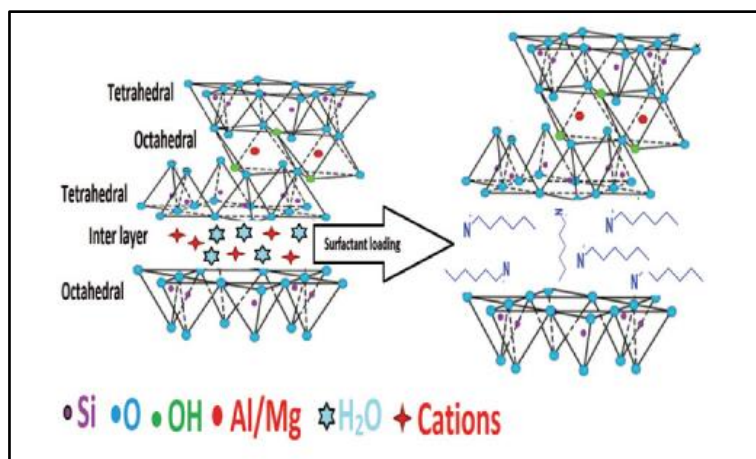
## Solid Condition Reactions

Organic molecules can be intercalated in the clay minerals dried by the solid condition reaction without using solvents. Not by using solvents in this method is of the great importance for the environment and is preferred in the industry. The solid condition reaction of the clay minerals and ammonium cations was first studied by Ogawa et al. (1990).

It has prepared the solid condition method including the reaction of the clay and quaternary alkylammonium salt in a high shear mixer and 60°C. Using X-ray photoelectron spectroscopy, it was determined that quarternary alkyl ammoniums were adsorbed to the clay layers at a rate of 68% and 78% (Breakwell et al., 1995).

### Cation Exchange Reactions

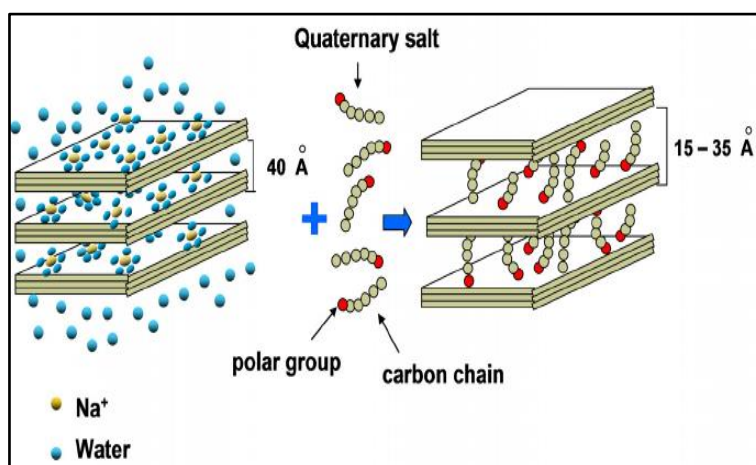
The cation exchange reactions has been used for the about 50 years. This method consists of the exchange of the quaternary alkylammonium cations and interlayer cations of the clay minerals in the aqueous solution (De Paiva et al., 2008).



**Figure 3.** Schematic of preparation of organoclays modified with surfactants (Ullah et al., 2017).

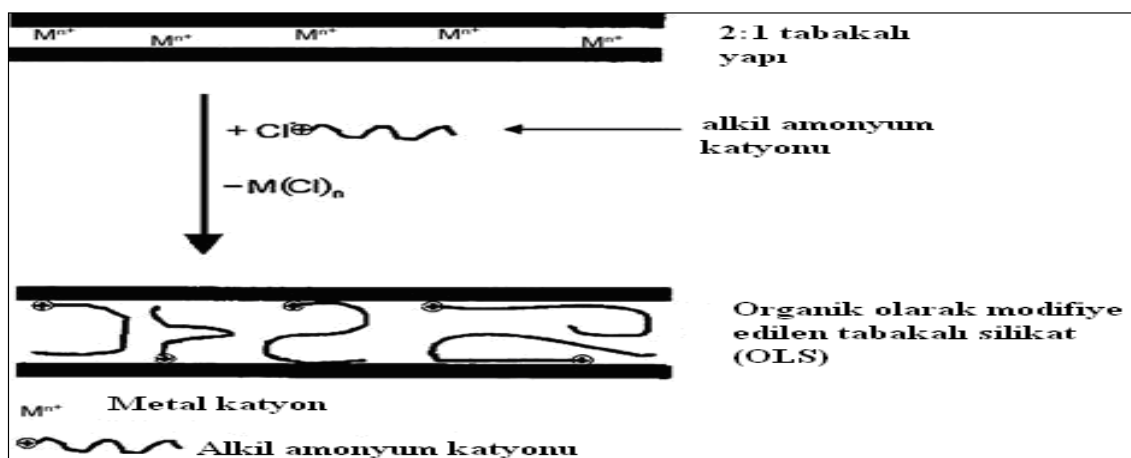
In order to mixture apolar polymer matrices and layered silicates the hydrophilic silicate surface must to be transformed into an organophilic surface. This is usually done with the surfactants containing primary, secondary, tertiary or quaternary alkylammonium or alkylphosphonium cations and by cation exchange reaction. Modification of the layered silicates with the surfactants provides compatibility with the polymer and consequently well dispersion of the particles in the polymer matrix (Tushar and Faiza, 2006).

In the organoclays, alkylammonium or alkylphosphonium cations reduce the surface energy of the inorganic silicate and improve the wetting characteristics of the polymer matrix, creating a wide gap between layers. This gap provides functional groups that can interaction with the polymer matrix (Ray and Okamoto 2003; İşçi, 2007). As a result, polymer molecules in the environment can easily enter the basal gap between the expanding layers.



**Figure 4.** Development of organoclay treated with quaternary salt (Martins, 2007).

The cation exchange reaction between layered silicates and alkylammonium cations is shown that schematically in Figure 5 (Zanetti et al., 2000).



**Figure 5.** Cation exchange reaction between layered silicates and alkylammonium salt (Zanetti et al. 2000).

## CONCLUSION

As a result of the organic modification of the clay minerals with the alkylammonium or alkylphosphonium cations, these cations may show different orientations between silicate layers, depending on the alkyl chain length, temperature load and stacking density of the clay layers, forming a lateral bilayer, pseudo triple layer or paraffinic structure.

In experiments with the alkylammonium ions with different alkyl chain lengths used as the surfactants, it was found that alkylammonium ions with lengthy alkyl chains ( $C_{18-20}$ ) increase the distance between silicate layers more than ions with short ( $C_{9-10}$ ) chains.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to express special thanks to the Gümüşhane University for supports.

## REFERENCES

- Açışlı Ö 2014. Kuaterner amonyum tuzlarının monomerik ve miseler adsorpsiyonu. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Alexandre M, Dubois P 2000. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of new class of materials. *Material Sci. And Eng.*, 28: 1-63.
- Bury R, Souhalia E, Treiner C 1991. Extreme nonideal micellar solubilization behavior of benzyl alcohol in binary surfactant mixtures of benzyl dimethyl tetra decylammonium chloride and tri methyl tetra decylammonium chloride. *J. Phys. Chem.*, 95 (9): 3824-3829.
- Breakwell KI, Homer J, Lawrence MAM, McWhinnie WR 1995. Studies of organophilic clays: the distribution of quaternary ammonium compounds on clay surface and the role of impurities. *Polyhedron* 14: 2511-2518.
- De Paiva LB, Morales AR, Diaz FRV 2008. Organoclays: Properties, preparation and applications. *Applied Clay Science*, 42: 8-24.
- Elsherbiny AS, Salem MA, Ismail AA 2012. Influence of the alkyl chain length of cyanine dyes on their adsorption by  $Na^+$  montmorillonite from aqueous solutions. *Chemical Engineering Journal*, (200-202): 283-290.
- İşçi S 2007. Kil/PVA ve Organokil/PVA Nanokompozitlerin Sentezi ve Karakterizasyonu. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Ogawa M, Handa T, Kuroda K, Kato C 1990. Formation of organoammonium-montmorillonites by solid-solid reactions. *Chemical Letters*, 19: 71-74.
- Ray SS, Okamoto M 2003. Polymer/Layered silicate nanocomposites: A review from preparation to processing. *Progress Polymer Science*, 28: 1539-1641.
- Rosen MJ 1978. *Surfactants and Interfacial Phenomena*, Wiley. Interscience publication, 304 p, New York, USA.
- Shah KJ, Shukla AD, Shah DO, Imae T 2016. Effect of organic modifiers on dispersion of organoclay in polymer nanocomposites to improve mechanical properties. *Polymer*, 97: 525-532.



- Tushar M, Faiza B 2006. Organo clay mineral- melted polyolefin nanocomposites Effect of surfactant/CEC ratio. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 67 (4): 836-845.
- Ullah H, Nafees M, Iqbal F, Awan MS, Shah A, Waseem A 2017. Adsorption kinetics of malachite green and methylene blue from aqueous solutions using surfactant-modified organoclays. *Acta Chim. Slov.*, 64: 449-460.
- Zanetti M, Lomakin S, Camino G 2000. Polymer Layered silicate nanocomposites. *Macromolecular Materials Engineering*, 279: 1-9.

## A planar circular shaped monopole antenna for UWB applications

Duygu Nazan Gençoğlan (ORCID:<https://orcid.org/0000-0001-5014-9514>), şule olak\*  
(ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-9529-4544>)

Adana Alparslan Trkes Science and Technology University, Engineering Faculty, Electrical-Electronics  
Engineering Department, Adana, Turkey

Corresponding author e-mail: [scolak@atu.edu.tr](mailto:scolak@atu.edu.tr), [sulecolak@gmail.com](mailto:sulecolak@gmail.com)

### Abstract

A planar circular shaped monopole antenna with partial ground plane is presented both numerically and experimentally for Ultra-Wideband communications. The antenna is printed on FR-4 substrate with relative permittivity of 4.3. The feeding structure of monopole antenna is made up of metal strip with 50  $\Omega$  impedance. Additionally, the strip line is connected with the partial ground plane via SMA connector. A parametric study on antenna structure is performed in the 3.1-10.6 GHz frequency range. Return Loss, Voltage Standing Wave Ratio and Radiation Pattern are examined in the related frequency range. -10 dB bandwidth of the designed antenna is 7.5 GHz, which covers the entire Ultra-Wideband frequency range. The designed antenna is also fabricated to verify the simulation results. It is deduced from the simulation and measurement results that the planar monopole antenna is an acceptable structure for UWB applications. The analyses are performed by using CST Microwave Studio Program.

**Keywords:** Antenna Design, Planar Monopole Antenna, Ultra-Wideband.

### INTRODUCTION

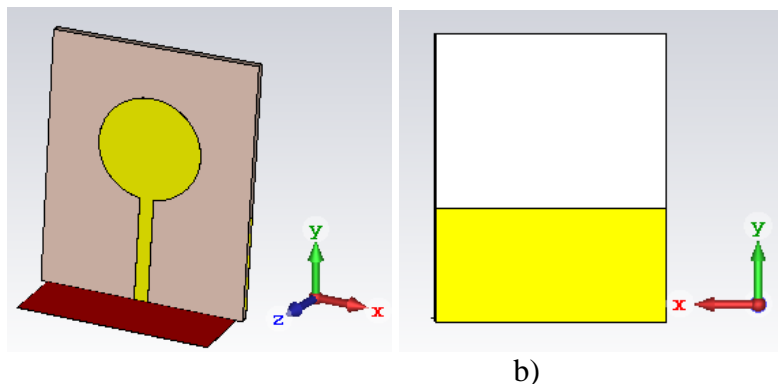
During the recent years, the consideration of wireless communication systems has been a rapid progress for data transfer. Since low cost, light weight, compactness, and high data rate are required features for efficient communications, microstrip antenna has become crucial and key component in many applications (Yasir et al., 2020; Ansari et al., 2020; Sandi et al., 2020; Thatere and Zade, 2020; Das et al., 2020; Elijah and Mokayef, 2020; Guo et al., 2020; Srivastava, 2020; Ambekar and Deshmukh, 2020). On the other hand, the conventional microstrip antennas have narrow band characteristics which are not acceptable for broad band applications, such as Ultra-Wideband (UWB) communications. The Federal Communications Commissions (FCC) has allocated the UWB frequency range from 3.1 GHz to 10.6 GHz (FCC, 2002). The Effective Isotropic Radiated Power (EIRP) is defined to be below -41 dBm/MHz for UWB communication systems (Nielsen and Zwierzchowski, 2003). Henceforth, the design of UWB microstrip antenna has challenging issues for scientists and researchers. In many studies, the microstrip patch antenna which is inherently narrowband has been altered to have Ultra-Wideband characteristics by changing the patch shape and ground plane size (Colles and Arakaki, 2014; Yang and Wong, 2001; Wong and Hsu, 2001; Khan and Nema, 2012; Conroy, 1979; Jamaluddin et al., 2005; Garg et al., 2001). Various antenna configurations have been presented for UWB applications due to their ability to exchange the data with high speed and low loss power density (Latif, 2020; Niharika and Sreenivasulu, 2020; Tak and Pareek, 2020; Devana and Rao, 2020; Sampath and Selvan, 2020; Sharma et al., 2020). Microstrip patch inspired antennas are also conceived in the literature as printed and planar monopole antennas (Ramanujam et al., 2020; Farahani and Nezhad, 2020; Mandal and Das, 2020; Puri et al., 2020; Hota et al., 2020). Henceforth, these antenna structures are preferred on account of their less fragile and planar structures (Pillalamarri and Kshetrimayum, 2009).

In this paper, a planar monopole antenna with circular shape is investigated and antenna performance is analyzed by parametric study. Here, it is aimed to increase the bandwidth and enhance the radiation performance of the antenna for Ultra-Wideband applications. Return Loss (RL), Voltage Standing Wave Ratio (VSWR) and radiation pattern are observed in the 3.1 GHz-10.6 GHz frequency range. The optimal ground plane dimensions and values of the patch radius are attained by the parametric analysis. The simulation results are validated via experiment measurements.

## MATERIALS AND METHODS

### Antenna Design

As mentioned in the previous section, the narrowband characteristic of conventional microstrip antenna is suspended by changing the patch shape and size, and also modifying the ground plane; thus obtaining a planar monopole antenna with broadband characteristics. In this study, the antenna is designed with a circular patch and partial ground plane as illustrated in Figure 1. The antenna is fed by waveguide port through CST Microwave Studio (MWS) Program. Antenna dimensions are determined in accordance with UWB requirements. The physical parameters of the proposed antenna are tabulated in Table 1.



**Figure 1.** a) Perspective b) back views of designed antenna

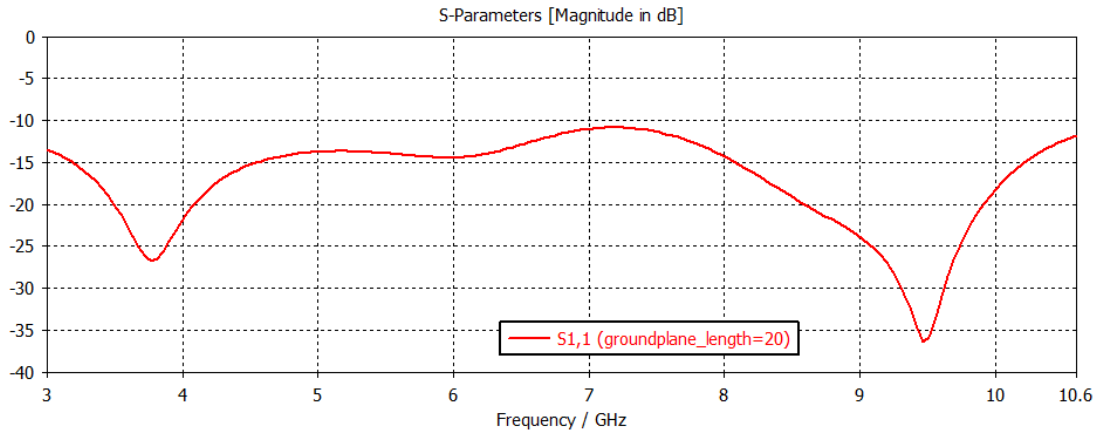
Table 1. Physical Parameters of the Planar Monopole Antenna

Parameters	Values	Units
Feed Line Length	20	mm
Feed Line Width	2,7	mm
Groundplane Length	20	mm
Groundplane Width	40	mm
Metal Thickness	0.035	mm
Radius Patch (a)	20	mm
Relative Permittivity( $\epsilon_r$ )	4.3	-
Substrate Thickness(h)	1.6	mm
Tan Delta( $\delta$ )	0.025	-

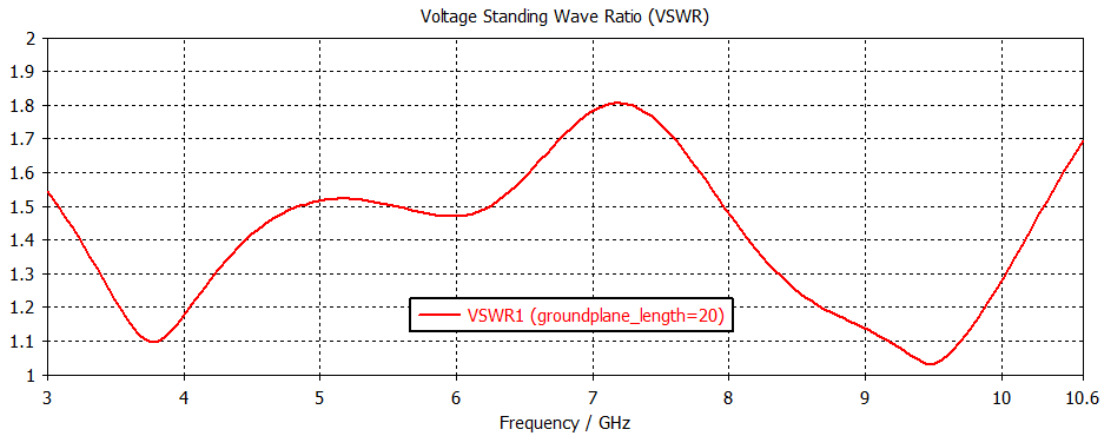
## RESULTS and DISCUSSION

### Simulation Results

Figure 3 illustrates the Return Loss (RL) characteristics of the designed antenna. In the figure, -10 dB bandwidth covers the entire UWB frequency spectrum and meets the FCC regulations. Similarly, Figure 3 illustrates VSWR characteristics of the proposed antenna. As expected, VSWR is smaller than 2 in the range from 3.1 GHz to 10.6 GHz. As interpreted from Figures 2 and 3, -10 dB bandwidth of the planar circular shaped monopole antenna is 7.5 GHz, which covers the whole UWB frequency range.



**Figure 2.** Return Loss characteristic of the circular monopole antenna when ground plane length is 20 mm

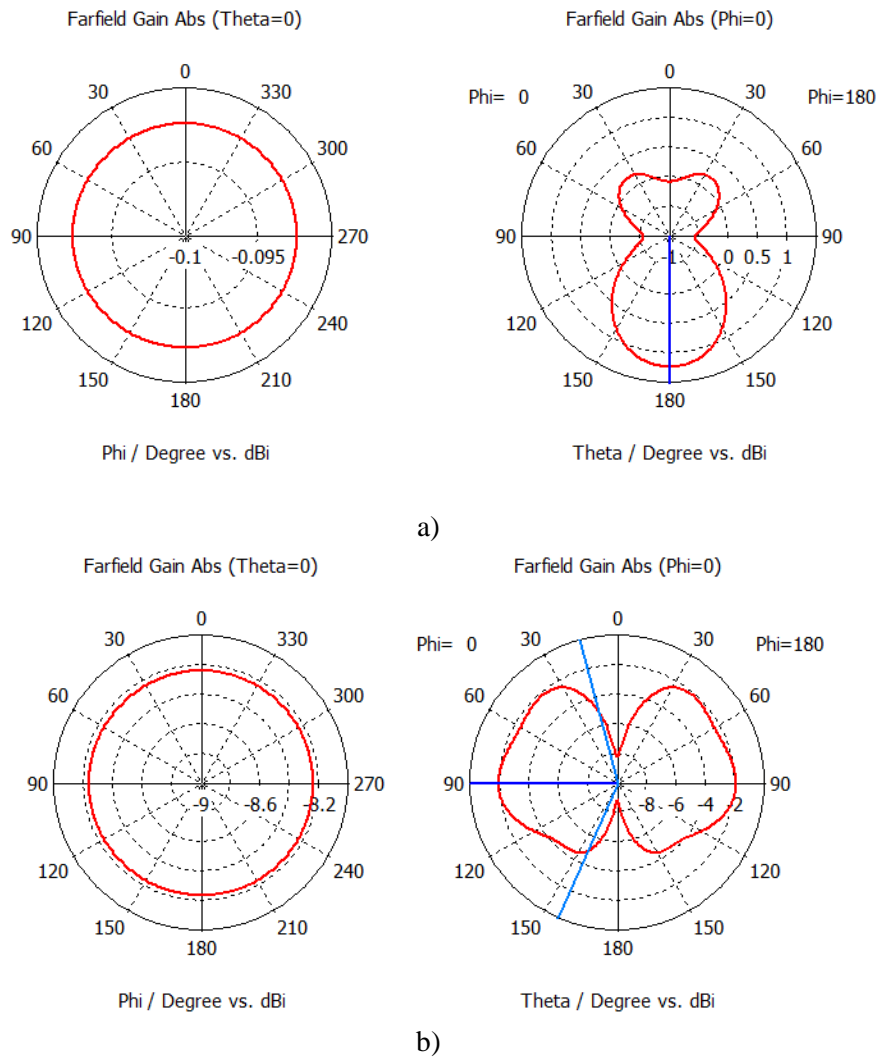


**Figure 3.** VSWR characteristic of the circular monopole antenna when ground plane length is 20 mm

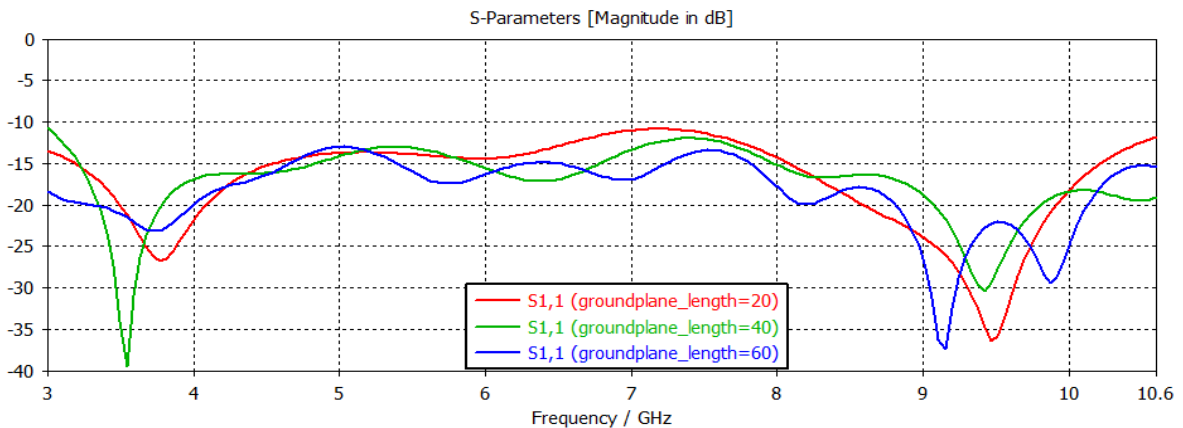
The proposed circular planar antenna has two resonance frequencies, at 3.77 GHz and 9.49 GHz, respectively. Henceforth, the corresponding radiation patterns are investigated at these frequencies. Figure 4 depicts that the two radiation patterns have omni-directional characteristics.

### Effect of the Ground Plane Length on Antenna Performance

In this section, it is aimed to improve circular shaped planar monopole by performing parametric study through ground plane length. Figure 5 illustrates Return Loss characteristic of the proposed antenna with respect to various ground plane lengths. Initially, the ground plane is taken as 20 mm which is equal to patch length and then increased by 20 mm up to reach 60 mm so as to determine the best antenna performance. Figure 5 shows that the minimum Return Loss is achieved when ground plane length is 40 mm. However, all three ground plane lengths satisfy UWB bandwidth requirements.

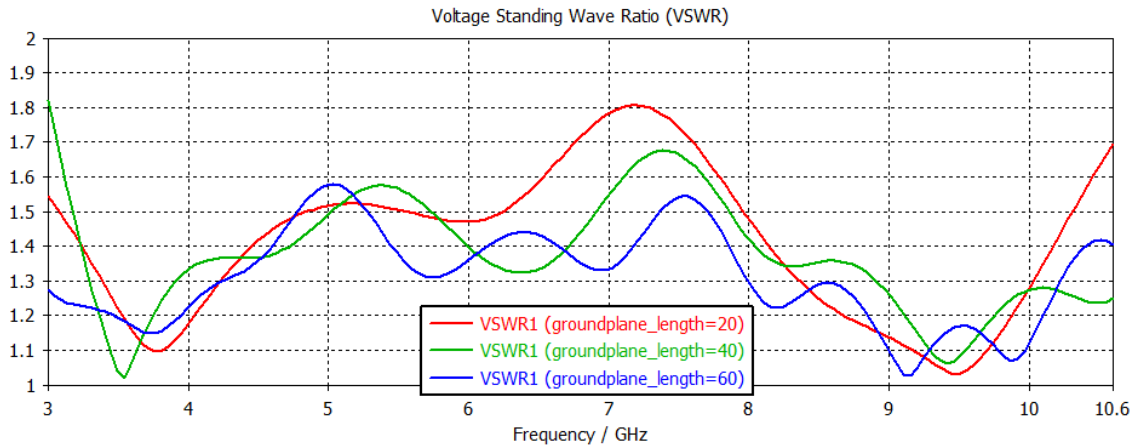


**Figure 4.** The radiation pattern of the proposed antenna at a) 3.77 GHz and b) 9.49 GHz



**Figure 5.** Return Loss characteristic when ground plane length is a) 20 mm b) 40 mm c) 60 mm

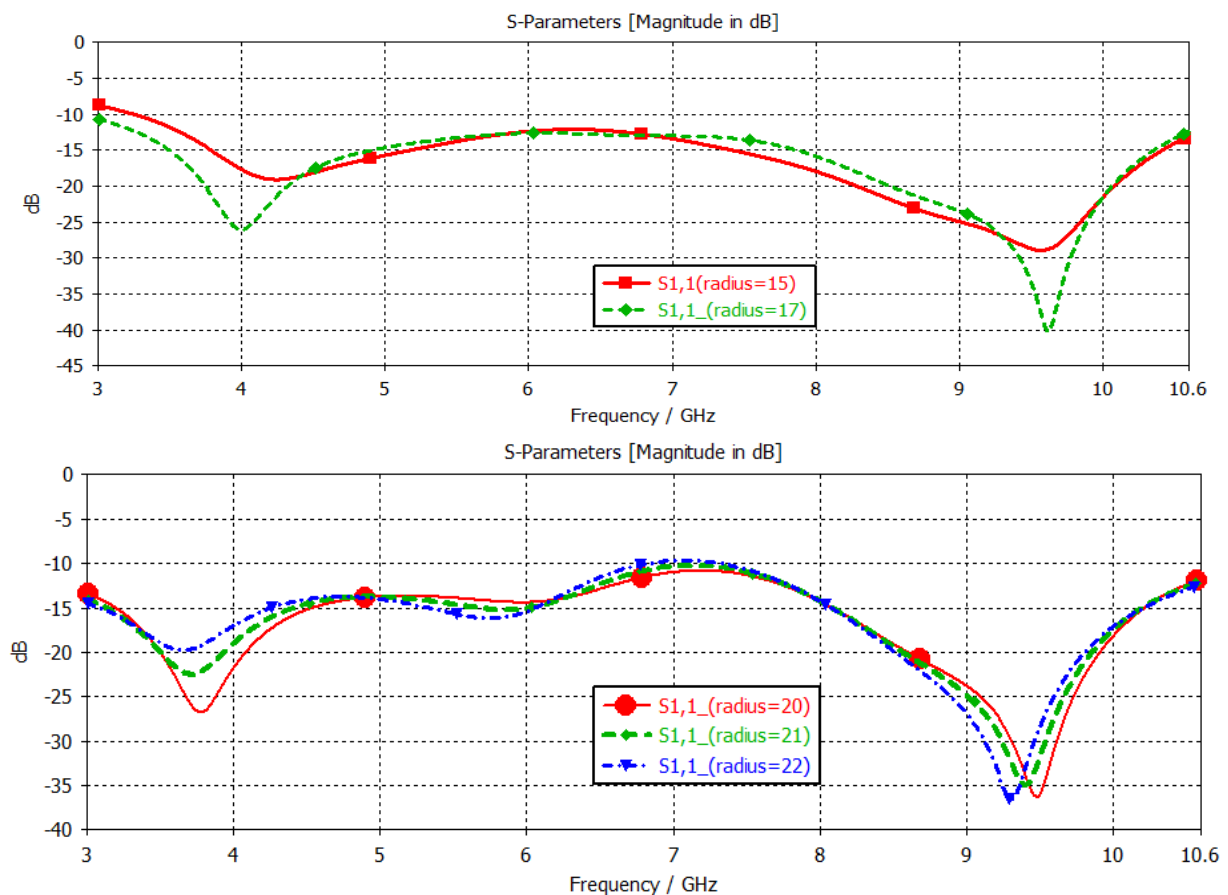
VSWR characteristic as another crucial parameter is represented in Figure 6. As seen in the figure, the proposed antenna has  $VSWR < 2$  in the whole UWB range with all three ground plane lengths. Furthermore, the proposed antenna with ground plane length 40 mm delivers the maximum power. Thus, the simulated circular monopole antenna indicates that the desired conditions over the entire UWB are achieved by reconfiguring the ground plane length.



**Figure 6.** VSWR characteristic when ground plane length is a) 20 mm b) 40 mm c) 60 mm

### Effect of Patch Radius on Antenna Performance

Figure 7 outlines the Return Loss characteristics with the various radius sizes of the circular patch. It is deduced from the Figure 7 that the optimal value of the patch radius is 20 mm. For a better and more accurate understanding of the parametric study, numerical values of the resonance frequencies, corresponding minimum RL, and bandwidths are tabulated in Table 2.



**Figure 7.** The effect of patch radius on the Return Loss parameter

**Table 2.** Numerical Values of the proposed antenna with parametric analysis

Radius Size	Resonance Frequency	Corresponding Min. RL	Bandwidth
15 mm	4.25 GHz & 9.58 GHz	-19.07 dB & -28.911 dB	6.32 GHz
17 mm	4.01 GHz & 9.62 GHz	-26.0183 dB & -40.14 dB	7.5 GHz
<b>20 mm</b>	<b>3.77 GHz &amp; 9.49 GHz</b>	<b>-26.783 dB &amp; -36.276 dB</b>	<b>7.5 GHz</b>
21 mm	3.71 GHz & 9.4 GHz	-22.5 dB & -34.953 dB	7.5 GHz
22 mm	3.67 GHz & 9.31 GHz	-19.747 dB & -36.55 dB	3.71 GHz (lower band) 3.27 GHz (upper band)

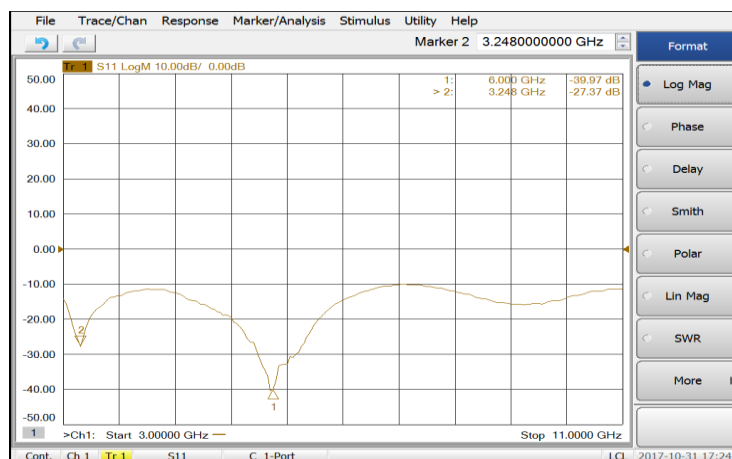
### Measurement Results

The prototype antenna is fabricated with respect to simulation results. The dimensions of the both prototype antenna and proposed antenna are identical to compare the performance fairly. The substrate material is chosen as FR-4 with tangent loss of 0.025 due to low cost. The antenna dimension is 50x40x1.6 mm<sup>3</sup>. Figure 8 represents the fabricated antenna prototype in the laboratory condition. The antenna dimensions are taken as identical with simulated proposed antenna structure. The antenna is fed by SMA connector as represented in Figure 8.



**Figure 8.** Fabricated planar circular shaped monopole antenna

Figure 9 outlines the measured Return Loss characteristic of the proposed antenna. It is also clear that the minimum Return Loss of -39.97 dB is obtained at the resonance frequency of 6 GHz. Additionally, another resonance frequency is observed as 3.248 GHz and the corresponding return loss of the fabricated antenna is measured as -27.37 dB. Furthermore, return loss values are smaller than -10 dB in the entire frequency range of UWB applications. The bandwidth is also obtained as 8 GHz. To compare with the simulation result, there are some discrepancies due to laboratory conditions and lack of anechoic chamber, but both antennas behave as broadband. Henceforth, the performances of the proposed antenna and measured antennas are acceptable for UWB systems.



**Figure 9.** Measured Return Loss characteristic of the printed circular monopole antenna when ground plane length is 20 mm

Figure 10 depicts the VSWR characteristic of the fabricated antenna. It is also noted from Figure 10 that there are two resonance frequencies in the entire UWB frequency range. The minimum VSWR value occurs at the resonance frequency of 6 GHz. It is measured as 1.03 which is very close to unity. It means that the power of the fabricated antenna might transmit with minimum distortion and higher efficiency. Overall, the Return Loss and VSWR characteristics of the fabricated antenna are compatible with each other. The -10 dB bandwidth is also obtained as 8 GHz by using VSWR characteristic.

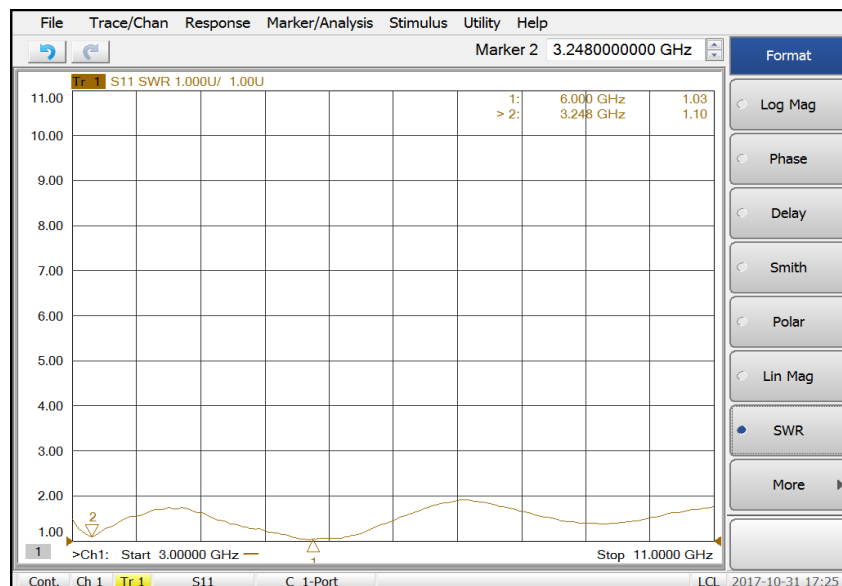


Figure 10. Measured VSWR characteristic of the printed circular monopole antenna when ground plane length is 20 mm

## CONCLUSION

A planar circular shaped monopole antenna is designed and fabricated according to UWB system requirements and FCC regulations. Parametric study is performed to improve the antenna performance in the 3.1 GHz-10.6 GHz range. The designed antenna is analyzed by varying ground plane length and patch radius. Return Loss, Voltage Standing Wave Ratio and Radiation Pattern are examined in the related frequency range. Experimental analysis are performed to validate simulation results. Although there are some differences between simulation and measurement results due to laboratory conditions, the fabricated and simulated results are compatible with each other. Both simulated and prototype antennas radiate in the entire UWB frequency range from 3.1 GHz to 10.6 GHz. The percentage bandwidth of the antenna is 109%. It is deduced from the simulation and measurement results that the planar monopole antenna is acceptable structure for UWB applications.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This study was supported by the Scientific Research Projects Unit (BAP) in Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University. Project No: MÜHDBF.EEM.2015-18, Project Title: Investigation and Improvement of Ultra Wideband Antenna Characteristics.

## REFERENCES

- Al-Yasir, Y. I., Parchin, N. O., Fares, M. N., Abdulkhaleq, A., Sajedin, M., Elfergani, I. T., Abd-Alhameed, R. (2020, March). New high-Gain differential-fed dual-polarized filtering microstrip antenna for 5G applications. In 2020 14th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP) (pp. 1-5). IEEE.
- Al-Yasir, Y. I., Alkhafaji, M. K., Alhamadani, A., Ojaroudi Parchin, N., Elfergani, I., Saleh, A. L., Abd-Alhameed, R. A. (2020). A New and Compact Wide-Band Microstrip Filter-Antenna Design for 2.4 GHz ISM Band and 4G Applications. *Electronics*, 9(7), 1084.
- Ambekar, A. G., Deshmukh, A. A. (2020). E-Shape Microstrip Antenna for Dual Frequency WLAN Application. *Progress In Electromagnetics Research*, 104, 13-24.



- Ansari, J. A., Saroj, A., Kumar, M. (2020). Analysis of a Miniaturized Hexagonal Sierpinski Gasket fractal microstrip antenna for modern wireless communications. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 153288.
- Colles, D. and D. Arakaki. Multi-technique broadband microstrip patch antenna design. in *Antennas and Propagation Society International Symposium (APSURSI)*, 2014 IEEE. 2014. IEEE.
- Conroy, P. J. (1979). U.S. Patent No. 4,160,976. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- Das, T. K., Dwivedy, B., Behera, S. K. (2020). Design of a meandered line microstrip antenna with a slotted ground plane for RFID applications. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 153130.
- Devana, V. K. R., Rao, A. M. (2020). Compact UWB monopole antenna with quadruple band notched characteristics. *International Journal of Electronics*, 107(2), 175-196.
- Elijah, A. A., Mokayef, M. (2020). Miniature microstrip antenna for IoT application. *Materials Today: Proceedings*.
- Farahani, M., Mohammad-Ali-Nezhad, S. (2020). A novel UWB printed monopole MIMO antenna with non-uniform transmission line using nonlinear model predictive. *Engineering Science and Technology, an International Journal*.
- FCC, E., Docket 98-153. First Report and Order: Revision of Part, 2002. 15.
- Garg R. P. Bhartia I. Bahl and A. Itlipiboon. 2001. *Microstrip Antenna Design Handbook*. Artech House Inc. Norwood USA.
- Guo, M., Wang, W., Huang, P. (2020). Double-layer metasurface-based low profile broadband X-band microstrip antenna. *IET Microwaves, Antennas & Propagation*.
- Hota, S., Baudha, S., Mangaraj, B. B., & Varun Yadav, M. (2020). A novel compact planar antenna for ultra-wideband application. *Journal of Electromagnetic Waves and Applications*, 34(1), 116-128.
- J. Nielsen and S. Zwierzchowski, "Power spectral density of a UWB signal with discrete quantized pulse positions," in *Canadian Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 28, no. 3/4, pp. 145-154, July-Oct. 2003, doi: 10.1109/CJECE.2003.1425101.
- Khan, A., Nema, R. (2012). Analysis of five different dielectric substrates on microstrip patch antenna. *International journal of computer applications*, 55(14).
- Latif, A. (2020). Design of a UWB Coplanar Fed Antenna and Circular Miniature Printed Antenna for Medical Applications. In *Radio Frequency Antennas For 5G, IOT and Medical Applications*. IntechOpen.
- Mandal, T., Das, S. (2020). Design and Analysis of Triple Notch Band UWB Monopole Antenna Using Mushroom Structure. *Telecommunications and Radio Engineering*, 79(6).
- M. H. Jamaluddin, M. K. A. Rahim, M. Z. A. A. Aziz and A. Asrokin, "Microstrip dipole antenna for WLAN application," 2005 1st International Conference on Computers, Communications, & Signal Processing with Special Track on Biomedical Engineering, Kuala Lumpur, Malaysia, 2005, pp. 30-33, doi: 10.1109/CCSP.2005.4977153.
- Niharika, M. A., Sreenivasulu, G. A Novel Hexagonal Microstrip Antenna for UWB Applications.
- Pillalamarri, R., Panda, J. R., & Kshetrimayum, R. S. (2009). Printed UWB circular and modified circular disc monopole antennas. *International Journal of Recent Trends in Engineering*, 1(3), 12.
- Puri, S. C., Das, S., Tiary, M. G. (2020). UWB monopole antenna with dual-band-notched characteristics. *Microwave and Optical Technology Letters*, 62(3), 1222-1229.
- Ramanujam, P., Venkatesan, P. R., Arumugam, C., & Ponnusamy, M. (2020). Design of Miniaturized Super Wideband Printed Monopole Antenna Operating From 0.7 to 18.5 Ghz. *AEU-International Journal of Electronics and Communications*, 153273.
- Sandi, E., Rusmono, A. D., Vinda, K. (2020). Ultra-wideband Microstrip Array Antenna for 5G Millimeter-wave Applications. *Journal of Communications*, 15(2), 198-204.
- Tak, V., Pareek, D. K. (2020). Butterfly Shaped Single Band Notch Monopole Antenna for UWB Application. *International Journal of Electrical Engineering & Technology*, 11(1).
- Thatere, A., Zade, P. L. (2020). Defected Ground Structure Microstrip Antenna for WiMAX. In *Optical and Wireless Technologies* (pp. 333-346). Springer, Singapore.
- Sampath, R., Selvan, K. T. (2020). Compact hybrid Sierpinski Koch fractal UWB MIMO antenna with pattern diversity. *International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering*, 30(1), e22017.
- Sharma, N., Bhatia, S. S., Sharma, V., Sivia, J. S. (2020). An Octagonal Shaped Monopole Antenna for UWB Applications with Band Notch Characteristics. *Wireless Personal Communications*, 111(3), 1977-1997.

- Srivastava, K., Mishra, B., Patel, A. K., Singh, R. (2020). Circularly polarized defected ground stub-matched triple-band microstrip antenna for C-and X-band applications. *Microwave and Optical Technology Letters*.
- Wong, K. L., Hsu, W. H. (2001). A broad-band rectangular patch antenna with a pair of wide slits. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 49(9), 1345-1347.
- Yang, K. P., Wong, K. L. (2001). Dual-band circularly-polarized square microstrip antenna. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 49(3), 377-382.

## A review on the use of the thyme (*Thymus vulgaris*) aromatic plant, extract and essential oil components in aquaculture

Ebru Yilmaz<sup>1\*</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1905-1265>), Thavasimuthu Citarasu<sup>2</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6166-620X>)

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Aquaculture, Aydın, Turkey

<sup>2</sup>Aquatic Animal Health Laboratory, Centre for Marine Science and Technology (CMST), Manonmaniam Sundaranar University, Rajakkamangalam- 629 502, Tamilnadu, Kanyakumari District, India

\*Corresponding author e-mail: [ebruyilmaz@adu.edu.tr](mailto:ebruyilmaz@adu.edu.tr)

### Abstract

The use of antibiotics as growth promoters in animal feed has been prohibited in Europe since 2006. In order to prevent the performance decrease that may occur with the removal of antibiotics from animal feed ratio, the decrease in the profitability of production and the need for more antibiotics for disease treatments, a search for alternative sources that kill bacteria, improve animal digestive system and resistance to diseases has started. Herbal sources can be used to replace antibiotics and other synthetic chemicals since they contain polypeptides, phenolics, polyphenolics, terpenoids, quinones, lectins and alkaloids. Various compounds contained in plants, as is proven, are antibacterial, antifungal, antiviral, antiparasitic, as well as immune-enhancing, hematological and biochemical criteria healing, and can be an alternative to synthetic products. Being antiseptic, antioxidant, and antimicrobial, thyme (*Thymus vulgaris*) belongs to the Lamiaceae family. Thyme essential oil consists of various terpenoids such as  $\alpha$ -pinene, myrcene, p-cymene,  $\gamma$ -terpinene, linalool, thymol, and carvacrol. Thyme essential oil consists of 30-70% thymol and 3-15% carvacrol. This review touches upon the studies conducted on the effects of thyme aromatic plant, thyme extract, thyme essential oil, and compounds in the essential oil on the growth, appetite, nutritional composition, immunity, resistance to diseases, stress, bacteria, fungi, viruses, parasites, blood serum and hematology and gene expressions in fish and shrimps.

**Keywords:** *Thymus vulgaris*; Aromatic plant; Plant extract; Essential oil

### Giriş

Aquaculture is the fastest growing food production sector in the world with an annual average growth rate of 6% in the period of 1990 to 2010 (FAO, 2012; Baydan et al., 2012). Fish diseases cause significant economic losses in aquaculture. Various antibiotics are used through baths or injections to prevent those economic losses (Sneeringer et al., 2019; Stratev et al., 2018). Antibiotics cause reduction in the rates of morbidity and mortality due to infectious diseases while their use is restricted because of the development of antibiotic-resistant strains and residue problems in products (Gupta and Bildi, 2017; Dorucu et al., 2009; Kuebutornye and Abarike, 2020). Medicinal plants are rich in secondary metabolites with various antimicrobial properties including saponines, tannins, alkaloids, alkenyl phenols, glycoalkaloids, flavonoids, sesquiterpenes lactones, terpenoids and phorbol esters and an alternative to antibiotics in aquaculture (Tiwari and Singh, 2004, Lewis and Ausubel, 2006). In recent years, phytochemical feed additives are commonly used as growth-promoters in the aquaculture sector (Ocak et al., 2008; Wang et al., 2015).

Thyme is a perennial herbaceous plant of the *Lamiaceae* family that has been known since the ancient ages and used in different parts of life like cosmetics industry and medicine (Antache et al., 2013). Thyme (*Thymus vulgaris*) has high antimicrobial and antioxidant properties due to its compounds including thymol, p-cymene, carvacrol, eugenol and 4-allylphenol (Baranauskiene et al. 2003; Gültepe et al. 2014). In addition, thyme is also used due to its antifungal, antispasmodic, antiseptic, carminative, expectorant, sedative, antiviral, anti-helminthic and diaphoretic effects (Alagawany et al. 2020). The most important therapeutic properties of the thyme extract include that it is antioxidant, antiseptic and digestive stimulant and prevents the formation of lipid peroxide (Dorojan et al., 2014; Chizzola et al., 2008). Thymol (2-izopropil-5-etilfenol) is the main phenolic compound of the essential oil of thyme and it is a well known phytochemical compound due its antioxidant and anti-inflammatory properties (Abd-Elhakim and Mohamed, 2016; Riella et al., 2012). In addition, thymol has an antimicrobial effect on bacteria, fungi and yeasts (Ahmadiar et al. 2011). Carvacrol has also an antimicrobial effect like thymol (Helander et al., 1998). Again, the phenolic compounds in the thymus vulgaris oil stimulates the phospholipid layer of the cell membrane of microorganisms and increases the permeability of the vital intracellular structures or impairs the enzyme systems of microorganisms (Ertürk et al., 2010). The thymol content in thyme essential oil (up to 60 %) is much higher than the carvacrol content

(to 6 %) (Pekic, et al., 1991; Fehr and Stenzhorn, 1979). The present study compiles the researches on the use of thyme, thyme extract, thyme oil and its components in aquaculture (Table 1, 2 and 3).

Table 1. Studies on the use of the thyme aromatic plant in aquaculture

Fish	Duration of treatment	Dose	Parameters improved	Resistance to pathogens	References
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	112 days	1,2% Thyme Seeds Meal ( <i>Thymus Vulgaris</i> )	Growth Performance, Feed Utilization, Total Plasma Protein, Total Plasma Lipid, Hb, Hct, AST, ALT, Uric Acid Concentrations	-	Tonsy et al.(2011)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	112 days	1,2% Thyme Seeds Meal ( <i>Thymus Vulgaris</i> )	Total Plasma Protein, Total Plasma Lipid, Hb, Hct, AST, ALT, Uric Acid Concentrations	-	Zaki et al. (2012)
<i>Dicentrarchus labrax</i> (Sea bass)	45 days	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	HSI, VFI, VSI, BSI, SSI	-	Yilmaz et al. (2013)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	30 days	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> ) / kg feed, 1% Thyme/kg feed + 500 mg Vitamin E/kg feed	SGR, FCR, Fat Content, Oxidative Stress, TAC	-	Antache et al.(2014)
<i>Acipenser stellatus</i> (Starry sturgeon)	63 days	2% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	FWG, IGR	-	Dorojan et al.(2014)
<i>Oreochromis mossambicus</i> (Mozambique tilapia)	45 days	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	PCV, WBC, RBC, Hb, Neutrophil, Monocyte, Lymphocytes, PA, NBT, LA, MPO, Cumulative Mortality	<i>Streptococcus iniae</i>	Gültepe et al.(2014)
<i>Acipenser stellatus</i> (Starry sturgeon)	5 weeks	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> ) kg <sup>-1</sup> feed + Vitamin E (500 mg kg <sup>-1</sup> )	Biochemical Composition (Proteins)	-	Dorojan et al.(2015)
<i>Clarias gariepinus</i> (Sharptooth catfish)	30 days	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	LYM, MO, EOS, PI, TP, ALB, GLOB, Gpx, CAT, WG, Cumulative Mortality	<i>A. hydrophila</i>	Emeish and El-Deen (2016)
<i>Cyprinus carpio L.</i> (Common carp)	56 days	0.5, 1, 1.5, 2% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	RBC, Hb, PCV, WBC, TP, ALB, GLOB	<i>Saprolegnia spp.</i>	ALsafah and AL-Faragi (2017)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	6 weeks	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	WG, SGR, FCR, ISI, RBC, PCV, Hb, TLC, Monocytes, Lymphocytes, Neutrophil, Lysozyme, Nitric Oxide, CAT, GSH-Rx, MDA	<i>A. hydrophila</i>	Yassen et al. (2017)
<i>Sparidentex hasta</i> (Sobaity sea bream fry)	8 weeks	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	WG, SGR, WBC, LYM, NC, TP, TG, ALT, ALP, Lysozyme, Ig, ACH50	<i>Photobacterium damsela</i>	Jahanjoo et al. (2018).
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	60 days	1% Thyme	WG, FCR, WBC, RBC, Crea, TP, ALB, AST, ALT, Urea, Hb, Hct, Glu	-	Georgieva and Zhelyazkov (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	20 weeks	1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> )	WG, SGR, PER, Hct, Lct, NBT (+) Cells	-	Hassan et al.(2018)
<i>Cyprinus carpio</i> (Common carp)	12 weeks	4% Thyme	Alkaline Protease, Lipase Activity, Amylase Activity, Digestive Enzymes Activity	Aflatoxin B1	Tasa et al. (2020)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	30-days	2% Thyme Powder ( <i>Thymus vulgaris L.</i> )	WBC, Lymphocytes, TAC, A-Amylase, Lysozyme Activity, Complement 3, TLR-7, IgM Heavy Chain, IFN- $\gamma$ , Mx	Lambda Cyhalothrin (LCH)	Khalil et al. (2020)

ACH50: Complement activity, ALB: Albumin, ALP: Alkalen fosfataz, ALT: Alanin aminotransferaz, AST: Aspartate aminotransferase, BSI: Bile-somatic index, CAT: Catalase, Crea: Creatinine, EOS: Eosinophil, FCR: Feed conversion ratio, FWG: Final mean weight, GLOB: Globulin, GPx: Glutathione peroxidase, Glu: Glucose, GSH-Rx: Glutathione reductase, Hb: Hemoglobin, Hct: Hematocrit, HSI: Hepatosomatic index, IGR: Individual growth rate, IFN- $\gamma$ : Interferon, ISI: Intestino-somatic index, LA: Lysozyme activity, Lct: Leukocrit, Ig: Immunoglobulin, IgM: Immune-related, LYM: Lymphocyte, MDA: Malondialdehyde, MO: Monocyte, MPO: Myeloperoxidase, Mx: Myxovirus resistance, NBT: Reduction nitroblue tetrazolium, NC: Neutrophil counts, PA: Phagocytic activity, PER: Protein efficiency ratio, PI: Phagocytic index, PCV: Positive crankcase ventilation, RBC: Red blood cell count, SGR: Specific growth rate, SSI: Spleen-somatic index, TAC: Total antioxidant capacity, TLR-7: Toll-like receptors, TP: Total protein, TG: Triglyceride, TLC: Total leukocytic counts, VFI: Visceral fat index, VSI: Viscerosomatic index, WBC: White blood cell, WG: Weight gain

Tablo 2. Studies on the use of the thyme extract and thyme oil extract in aquaculture

Fish	Duration of treatment	Dose	Parameters improved	Pathogens	References
<i>Carassius auratus gibelio</i> (Goldfish)	2 weeks	200, 400, 800 mg/kg Thyme Oil Extract	BW, CF, SGR, FCR, SR, Glu, WG, Uric Acid Concentrations	-	Zadmajid et al.(2016)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout )	2 weeks	5, 10, 20 g/kg Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> ) Extract	ALT, AST, Glu, CAT, Gpx, SOD, GST, MDA, TP, Total Ig, Lysozyme, ACH50, WBC, Lymphocyte, Neutrophil, Eosinophil, Monocyte	-	Hoseini and Yousefi (2018)
<i>Huso huso</i> (Beluga sturgeon)	60 days	0.5% Thyme Crude Extract	Final Weight, Body Weight Gain, SGR, CF	-	Eslami and Bahrekazemi (2019)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout )	8 weeks	1,2,3 g/kg Thyme ( <i>Zataria multiflora</i> ) Extract	Survival, Leukocyte, GLOB, Total Ig, Lysozyme, Bactericidal Activity, ACH50, Tnfa, İl1b, İl6, Lys, TA, SOD, CAT, MDA	<i>A. hydrophila</i>	Mirghaed et al.(2020)

ACH50: Serum alternative complement activity, ALT: Alanin aminotransferaz, AST: Aspartate aminotransferase, BW: Body weight, CAT: Catalase, CF: Condition factor, FCR: Feed conversion ratio, GLOB: Globulin, Glu: Glucose, GPx: Glutathione peroxidase, GST: Gut glutathione-s-transferase, İl1b: interlekin-1 beta, İl6: İterleukin-6, Lys: Lysozyme gene expression, MDA: Malondialdehyde, RBCs: Red blood cells, SGR: Specific growth rate, SOD: Super oxide dismutase, SR: survival rate, TA: Plasma total antioxidant, Tnfa: Tumor necrosis alpha, Total Ig: Serum total immunoglobulin; TP: Total protein, WBC: white blood cell, WG: Weight gain

Tablo 3. Studies on the use of the thyme oil and components in aquaculture

Fish	Duration of treatment	Dose	Parameters improved	Pathogens	References
<i>Ictalurus punctatus</i> (Channel catfish)	8 weeks	0.05% Thymol Extract, 0.05% Carvacrol Extract, 0.0485% Carvacrol Extract and 0.0015% Thymol Extract	WG, FCR, Survival, HSI, VSI, CF, Lysozyme, SOD, CAT	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Zheng et al. (2009)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout )	45 days	1.0, 2.0, 3.0 g kg <sup>-1</sup> Thymol-Carvacrol Powder	FW, Find leight, FCR, SGR, DGR <sub>BW</sub> , DGR <sub>BL</sub> , WG, BWI, Crude protein, Crude lipid, Ash, Moisture, Het.	-	Ahmadifar et al.(2011)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout )	56 days	12 g/kg Carvacrol, 6 g/kg Thymol	FCR, Survival, MDA, GST, GR, Lysozyme, Complement total, Catalase	<i>Total aerobes, Total anaerobes, Lactobacilli spp., Enterobacter spp., Coliforms, E. Coli, Aeromonas spp.</i>	Giannenas et al.(2012)
<i>Sparus aurata</i> (Gilthead seabream)	0, 7, 14, and 21 days	500 mg kg <sup>-1</sup> Carvacrol and Thymol	Microbial capacity	-	Alvarez et al. (2012)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout )	21 days	10 ml :100 g <sup>-1</sup> rates Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> L.) Oil	Bactericidal Activity, TP, ALB, TC, TG, BUN	<i>Yersinia ruckeri</i>	Gulec et al. (2013)
<i>Huso huso</i> (Great sturgeon)	60 days	1, 2, 3 g kg <sup>-1</sup> Thymol–Carvacrol Powder	FW, FCR, SGR, WG, Crude protein, Ash, Lymphocyte, Heterophils	-	Ahmadifar et al. (2014)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout )	60 days	500, 1,000, 1,500 mg kg <sup>-1</sup> Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> ) Oil	SOD, G6PD, GPx, CAT, GST, GR, MDA	-	Sönmez et al.(2015)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout )	60 days	1,3,5 g/kg Carvacrol	Myeloperoxidase, Lysozyme, GLU, TP, GLO, TG, CHOL	-	Yilmaz et al. (2015)
<i>Ictalurus punctatus</i> (Channel catfish)	6 weeks	Combination of carvacrol, thymol, anethole and limonene	Survival rate, Mannose binding lectin levels	<i>E. ictaluri</i>	Peterson et al. (2015)

<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	48 days	250, 500, 750 mg/kg Thyme ( <i>Thymus Vulgaris L.</i> ) Essential Oil	WBC, Total protein, Globulin, Serum lysozyme	-	Azizi et al.(2016)
Zebrafish ( <i>Danio rerio</i> )	6 weeks	60, 200, 400, and 800 mg/kg Next Enhance 150 (25% thymol and 25% carvacrol)	Phagocytosis activity, Plasma lysozyme activity, Serum amyloid a, Interleukin 1b, Interleukin 8, Claudin1, Occludin 2	-	Ran et al. (2016)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	-	10 mg kg <sup>-1</sup> diet Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> ) Essential Oil	Cas 3, Cas 8, HSP-70, p53	<i>Yersinia ruckeri</i>	Kucukgul and Kucukgul (2017)
<i>Carassius auratus gibelio</i> (Gibel carp)	6 weeks	200, 400, 800 mgkg <sup>-1</sup> Thyme Essential Oil ( <i>Thymus vulgaris</i> )	RBC, Hct, Hb, WBC, Lymphocyte, Monocyte, Neutrophil, AST, ALT, Cortisol, Lactate, HDL, LDL	Silver nanoparticles	Zadmajid and Mohammadi (2017)
<i>Oreochromis niloticus</i> (monosex Nile tilapia fingerlings)	75 days	1, 2 ml Thymol /kg diet	BW, BWG, ADWG, FCR, SGR, PER, Crude lipid, MDA, Muscle GR, Lysozyme, IgG, IgM, Catalase	-	Amer et al. (2018)
<i>Litopenaeus vannamei</i>	72 hours	Microencapsulated Thyme Essential Oil (0.1, 0.5, 1 %)	Phenoloxidase activity, Hemolymph agglutinating ability, Survival rate	<i>White spot syndrome virus (WSSV) disease</i>	Júnior et al. (2018)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	15 days	0.1, 0.5, 1% Thyme ( <i>Thymus vulgaris</i> ) Essential Oil	TLC, Lymphocytes, Neutrophils, Monocytes, Basophils	<i>Bacillus bacteria</i>	Valladao et al.(2019)
<i>Rhamdia quelen</i> (Silver catfish)	6 days	5, 10, 15 or 25 mg L <sup>-1</sup> Thymol, Carvacrol	Survival rate	<i>A. hydrophila</i>	Cunha et al. (2019)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	2 months	0.5, 1.0, 2.0 ml/kg <i>Thymus vulgaris</i> Essential Oil	WG, SGR, IL-1β, Lysozyme Activity, AST, ALP, ALT	<i>Aeromonas hydrophila</i>	Zargar et al.(2019)
<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Grass carp)	60 days	100, 200, and 300 mg/kg Thymol	Feed intake, Final body weight, FCR, SGR, LDH, ROS, LPO, SOD, GPx, ACAP, AK	-	Morselli et al.(2019)
<i>Oreochromis niloticus</i> (Nile tilapia)	10 weeks	0.5 g/kg diet Thymol (THY), 5 g/kg diet Chitosan Nanoparticle (ChNP), THY + ChNP at the same levels.	FW, WG, SGR, Feed efficiency, PER, Survival rate, WBC, Lymphocyte, RBC, MCV, ALT, AST, Creatinine, MDA, GST, Catalase, Amylase, Lipase, Crude lipids, Intestinal villus length	-	Abd El-Naby et al.(2020)
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Rainbow trout)	30 days	Control Diet +25 ppb AFB <sub>1</sub> + 1% Garden Thymus Essential Oil, Control Diet +50 ppb AFB <sub>1</sub> + 1% Garden Thymus Essential Oil	FW, WG, SGR, FCR, TP, ACH50, TNF-α, IL-1β	Aflatoxin B1	Ghafarifarsani et al. (2021)

ACAP: Antioxidant capacity against peroxy radicals, ACH50: Serum alternative complement activity, ADWG: Average daily weight gain, AK: Hepatic adenylate kinase, ALB: Albumin, ALP: Alkaline phosphatase, ALT: Alanine transaminase, AST: Aspartate transaminase, BW: Body weight, BWI: Body weight increase, BWG: Body weight gain, BUN: Bilirubin, Cas-3: Caspase-3, Cas-8: Caspase-8, CAT: Catalase, CF: Condition factor, CHOL: Cholesterol, DGR<sub>BW</sub>: Daily growth rate for body weight, DGR<sub>BL</sub>: Daily growth rate for body length, FCR: Feed conversion ratio, FW: Final weight, GLU: Glucose, GLO: Globulin, G6PD: Glucose-6-phosphatase dehydrogenase, GPx: Glutathione peroxidase, GR: Glutathione reductase, GST: Glutathione-S-transferase, Hct: Hematocrit, HDL: HDL-cholesterol, Het: Heterophils, HSI: Hepatosomatic index, HSP-70: Heat shock protein 70, IgG: Immunoglobulin G, IgM: Immune-related, IL-1β: Interleukin, LDH: Lactate dehydrogenase, LDL: LDL-cholesterol, LPO: Lipid peroxidation, MCV: Mean corpuscular volume, MDA: Malondialdehyde, PER: Protein efficiency ratio, p53: Tumor protein, RBC: Red blood cells, ROS: Hepatic reactive oxygen species, SGR: Specific growth rate, SOD: Superoxide dismutase, TC: Total cholesterol, TG: Triglyceride, TNF-α: Tumor Necrosis Factor-α, TLC: Total leukocyte count, TP: Total protein, VSI: Viscerosomatic index, WBC: White blood cell, WG: Weight gain

## References

- Abd El-Naby AS, Al-Sagheer AA, Negm SS, Naiel MAE 2020. Dietary combination of chitosan nanoparticle and thymol affects feed utilization, digestive enzymes, antioxidant status, and intestinal morphology of *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 515: 734577.
- Abd-Elhakim YM, Mohamed WA 2016. Assessment of the role of thymol in combating chromium (VI)-induced oxidative stress in isolated rat erythrocytes in vitro. *Toxicological and Environmental Chemistry*, 98: 1227-1240.
- Ahmadiar E, Falahatkar B, Akrami R 2011. Effects of dietary thymol-carvacrol on growth performance, hematological parameters and tissue composition of juvenile rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Applied Ichthyology*, 27(4): 1057-1060.
- Ahmadifar E, Mansour MR, Amirkolaie AK, Rayeni MF 2014. Growth efficiency, survival and haematological changes in great sturgeon (*Huso huso* Linnaeus, 1758) juveniles fed diets supplemented with different levels of thymol-carvacrol. *Animal Feed Science and Technology*, 198: 304-308.
- Alagawany M, Farag MR, Abdelnour SA, Elnesr SS 2020. A review on the beneficial effect of thymol on health and production of fish. *Reviews in Aquaculture*, 1-10.
- ALsafah AH, AL-Faragi JK 2017. Influence of thyme (*Thymus vulgaris*) as feed additives on growth performance and antifungal activity on *Saprolegnia* spp. in *Cyprinus carpio* L. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5: 1598-1602.
- Alvarez A, Garcia Garcia B, Jordan MJ, Martinez-Conesa C, Hernandez MD 2012. The effect of diets supplemented with thyme essential oils and rosemary extract on the deterioration of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) during storage on ice. *Food Chemistry* 132: 1395-1405.
- Amer SA, Metwally AE, Ahmed SAA 2018. The influence of dietary supplementation of cinnamaldehyde and thymol on the growth performance, immunity and antioxidant status of monosex Nile tilapia fingerlings (*Oreochromis niloticus*). *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(3): 251-256.
- Antache A, Cristea V, Grecu I, Crețu M 2014. The synergistic influence of *Thymus vulgaris* and vitamin E on growth performance and oxidative stress at *Oreochromis niloticus* species. *Lucrări științifice – Seria zootehnie*, 62: 85-90.
- Antache A, Cristea V, Grecu I, Dediu L, Mocanu M, Ion S, Petrea S 2013. The effects of some phytobiotics on biochemical composition of *Oreochromis niloticus* meat reared in a recirculating aquaculture system. *Animal science and biotechnologies*, 46(1): 238-243.
- Azizi E, Yeganeh S, Firouzbakhsh F, Janikhalili K 2016. Effects of dietary Supplemental thyme essence (*Thymus vulgaris* L.) on growth, hematological and serum biochemical parameters of Rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792). *Journal of Applied Ichthyological Research*, 4(2): 45-61.
- Baranauskiene R, Venskutonis PR, Viskelis P, Dambrauskiene E 2003. Influence of nitrogen fertilizers on the yield and composition of thyme (*Thymus vulgaris*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 7751-7758.
- Baydan E, Yurdakök B, Aydın FG 2012. Balıklarda Antibiyotik Kullanımı. *Turkiye Klinikleri Journal of Veterinary Sciences*, 3(3): 45-52.
- Chizzola R, H Michitsch, Franz C 2008. Antioxidative properties of *Thymus vulgaris* leaves: comparison of different extracts and essential oil chemotypes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56: 6897-8904.
- Cunha JA, Bandeira Junior G, Silva EG, Scheeren CA, Fausto VP, Salbego J, Vaucher RA, Vargas AC, Baldisserotto B 2019. The survival and hepatic and muscle glucose and lactate levels of *Rhamdia quelen* inoculated with *Aeromonas hydrophila* and treated with terpinen-4-ol, carvacrol or thymol. *Microbial Pathogenesis*, 127: 220-224.
- Dorojan O, Cristea V, Ion S, Petrea S 2014. The influence of some phytobiotic (thyme, seabuckthorn) on growth performance of stellate sturgeon (*A. stellatus*, Pallas, 1771) in an industrial recirculating aquaculture system. *Animal Science and Biotechnologies*, 47(1): 205- 210.
- Dorojan OG, Cristea V, Coadă MT, Dediu L, Grecu IR, Plăcintă S 2015. Effect of thyme (*Thymus vulgaris*) and vitamin E on growth performance and body composition of *Acipenser stellatus juveniles*. *AACL Bioflux*, 8(2): 195-202.
- Dorucu M, Colak SO, Ispir U, Altinterim B, Celayir Y 2009. The effect of black cumin seeds, *Nigella sativa*, on the immune response of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Mediterranean Aquaculture Journal*, 2(1):27-33.

- Emeish WFA, El-deen AGS 2016. Immunomodulatory effects of thyme and fenugreek in sharptooth catfish, *Clarias gariepinus*. Assiut Veterinary and Medical Journal, 62: 1– 7.
- Ertürk R, Çelik C, Kaygusuz R, Aydın H 2010. Ticari Olarak Satılan Kekik ve Nane Uçucu Yağlarının Antimikrobiyal Aktiviteleri. Cumhuriyet Tıp Dergisi, 32: 281-286.
- Eslami M, Bahrekazemi M 2019. Effects of levamisole, echinacea, and thyme oral administration on growth factors, blood parameters, and immunity in beluga, *Huso huso*. Journal of Applied Aquaculture, 31(1): 68-84.
- FAO 2012. The state of world fisheries and aquaculture 2012. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, London. Available at: <http://www.fao.org/3/i2727e/i2727e.pdf>
- Fehr D, Stenzhorn G 1979. Untersuchungen zur Lagerstabilität von Pfefferminz-blättern, Rosmarinblättern und Thymian. Pharmazeutische Zeitung, 124(46): 2342-2349.
- Georgieva K, Zhelyazkov G 2018. Effect of dietary phytoextracts supplementation on growth performance and blood parameters of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* w.), cultivated in a recirculation system. Trakia Journal of Sciences, 4: 292-299.
- Ghafariarsani H, Kachuei R, Imani A 2021. Dietary supplementation of garden thyme essential oil ameliorated the deteriorative effects of aflatoxin B1 on growth performance and intestinal inflammatory status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 531: 735928.
- Giannenas I, Triantafyllou E, Stavrakakis S, Margaroni M, Mavridis S, Steiner T, Karagouni E 2012. Assessment of dietary supplementation with carvacrol or thymol containing feed additives on performance, intestinal microbiota and antioxidant status of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture, 350–353: 26-32.
- Gulec AK, Kucukgul A, Danabas D, Ural M, Seker E, Arslan A, Serdar O 2013. Therapeutic effects of thyme (*Thymus vulgaris* Linnaeus) and fennel (*Foeniculum vulgare* miller) essential oils in infected rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures, 8(3): 1069-1078.
- Gupta PD, Birdi TJ 2017. Development of botanicals to combat antibiotic resistance. Journal of Ayurveda and Integrative Medicine, 8(4): 266-275.
- Gültepe N, Bilen S, Yılmaz S, Güroy D, Aydın S 2014. Effects of herbs and spice on health status of tilapia (*Oreochromis mossambicus*) challenged with *Streptococcus iniae*. Acta Veterinaria Brunensis, 83: 125-131.
- Hassan AAM, Yacout MH, Khalel MS, Hafsa SHA, Ibrahim MAR, Mocuta DN, Rahoveanu AT, Dediu L 2018. Effects of some herbal plant supplements on growth performance and the immune response in Nile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). Agriculture for Life, Life for Agriculture Conference Paper, 1(1): 134-141.
- Helander IM, Alakomi HL, Latva-Kala K, MattilaSandholm T, Pol I, Smid EJ, Gorris LGM, Wright A 1998. Characterization of the action of selected essential oil components on gram-negative bacteria. Journal of Agricultural Food Chemistry, 46: 3590-3595.
- Hoseini SM, Yousefi M 2018. Beneficial effects of thyme (*Thymus vulgaris*) extract on oxytetracycline-induced stress response, immunosuppression, oxidative stress and enzymatic changes in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture nutrition, 25(2): 298-309.
- Jahanjoo V, Yahyavi M, Akrami R, Bahri AH 2018. Influence of adding garlic (*Allium sativum*), ginger (*Zingiber officinale*), thyme (*Thymus vulgaris*) and their combination on the growth performance, haemato-immunological parameters and disease resistance to *Photobacterium damsela* in sobaity sea bream (*Sparidentex hasta*) fry. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 18(4): 633-645.
- Júnior OT, Kuhn F, Padilha PJM, Nesi CN, Mestres M, Dal Magro J, Castellvi SDL 2018. Effect of microencapsulated thyme essential oil on white spot virus-infected *Litopenaeus vannamei*. Aquaculture International, 26: 1459-1468.
- Khalil SR, Elhakim YA, Abd El-fattah AH, Ragab Farag M, Abd El-Hameed NE, EL-Murr AE 2020. Dual immunological and oxidative responses in *Oreochromis niloticus* fish exposed to lambda cyhalothrin and concurrently fed with Thyme powder (*Thymus vulgaris* L.): stress and immune encoding gene expression. Fish and Shellfish Immunology, 100: 208-218.
- Kucukgul A, Kucukgul A 2017. Apoptotic effects of artificial feed supplemented with *Thymus vulgaris* on *Oncorhynchus mykiss* against *Yersinia ruckeri*. Indian Journal of Geo Marine Sciences, 46(06): 1170-1174.



- Kuebutornye FKA, Abarike ED 2020. The contribution of medicinal plants to tilapia aquaculture: a review. *Aquaculture International*, 28: 965-983.
- Lewis K, Ausubel FM 2006. Prospects of plant derived antibacterials. *Nature Biotechnology*, 24: 1504-1507.
- Mirghaed AT, Hoseini SMS, Hoseinifar H, Doan HV 2020. Effects of dietary thyme (*Zataria multiflora*) extract on antioxidant and immunological responses and immune-related gene expression of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles. *Fish and Shellfish Immunology*, 106:502-509.
- Morselli MB, Reis JH, Baldissera MD, Souza CF, Baldisserotto B, Petrolli TG, Paiano D, Lopes DLA, Da Silva AS 2019. Benefits of thymol supplementation on performance, the hepatic antioxidant system, and energetic metabolism in grass carp. *Fish Physiology and Biochemistry*, 46:305-314.
- Ocak N, Erener G, Ak BF, Sungu M, Altop A, Ozmen A 2008. Performance of broilers fed diets supplemented with dry peppermint (*Mentha piperita L.*) or thyme (*Thymus vulgaris L.*) leaves as growth promoter source. *Czech Journal of Animal Science*, 53: 169-175.
- Pekić B, Lepojević Ž, Zeković Z, Pekić L 1991. Ispitivanje sadržaja etarskog ulja i fenolnih jedinjenja u nekim biljnim vrstama roda *Thymus i Satureja*. *Proceedings of Faculty of Technology, Novi Sad*, 22: 87-92.
- Peterson BC, Peatman E, Ourth DD, Waldbieser GC 2015. Effects of a phyto-genic feed additive on growth performance, susceptibility of channel catfish to *Edwardsiella ictaluri* and levels of mannose binding lectin. *Fish Shellfish Immunology*, 44(1): 21-25.
- Ran C, Hu J, Liu W, Liu Z, He S, Dan BCT, Diem NN, Ooi EL, Zhou Z 2016. Thymol and carvacrol affect hybrid tilapia through the combination of direct stimulation and an intestinal microbiota-mediated effect: insights from a germ-free zebrafish model. *The Journal of Nutrition*, 146(5): 1132-1140.
- Riella KR, Marinho RR, Santos JS, Pereira-Filho RN, Cardoso JC, Albuquerque-Junior RLC, Thomazzi SM 2012. Anti-inflammatory and cicatrizing activities of thymol, a monoterpene of the essential oil from *Lippia gracilis*, in rodents. *Journal of Ethnopharmacology*, 143: 656-663.
- Sneeringer S, Bowman M, Clancy M 2019. The US and EU Animal Pharmaceutical Industries in the Age of Antibiotic Resistance. USDA Economic Research Service Report Number 264; USDA: Washington, DC, USA, May 2019.
- Sönmez AY, Bilen S, Alak G, Hisar O, Yanık T, Biswas G 2015. Growth performance and antioxidant enzyme activities in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) juveniles fed diets supplemented with sage, mint and thyme oils. *Fish Physiology and Biochemistry*, 41:165-175.
- Stratev D, Zhelyazkov G, Noundou XS, Krause RWM 2018. Beneficial effects of medicinal plants in fish diseases. *Aquaculture International*, 26: 289-308.
- Tasa H, Imani A, Sarvi Moghanlou K, Nazard N, Moradi-Ozarlou M 2020. Aflatoxicosis in fingerling common carp (*Cyprinus carpio*) and protective effect of rosemary and thyme powder: Growth performance and digestive status. *Aquaculture*, 212(1-4): 311-319.
- Tiwari S, Singh A 2004. Toxic and sub-lethal effects of oleandrin on biochemical parameters of freshwater air breathing murrel, *Chant punctatus* (Bloch.). *Indian Journal of Experimental Biology*, 42: 413-418.
- Tonsy HD, Mahmoud SH, Labib EH, Zaki MA 2011. Effect of some medicinal plants diets on the mono-sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), growth performance, feed utilization and some physiological parameters. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 15: 53- 72.
- Valladão GMR, Gallani SU, Kotzent S, Assane IM, Pilarski F 2019. Effects of dietary thyme essential oil on hemato-immunological indices, intestinal morphology, and microbiota of Nile tilapia. *Aquaculture International*, 27: 399- 411.
- Wang JL, Meng XL, Lu RH, Wu C, Luo YT, Yan X, Li XJ, Kong XH, Nie GX 2015. Effects of *Rehmannia glutinosa* on growth performance, immunological parameters and disease resistance to *Aeromonas hydrophila* in common carp (*Cyprinus carpio L.*). *Aquaculture*, 435, 293-300.
- Yassen DA, Abd El-Gawad EA, Abbass AA 2017. Effect of herbal plants “*Thymus vulgaris* and *Rosmarinus officinale*” on growth performance and protection of *Oreochromis niloticus* against *Aeromonas hydrophila* infection. *Benha Journal of Applied Sciences*, 2(2): 9-17.
- Yilmaz E, Ergün S, Yilmaz S 2015. Influence of carvacrol on the growth performance, hematological, non-specific immune and serum biochemistry parameters in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Food and Nutrition Sciences*, 6: 523-531.
- Yilmaz S, Ergun S, Çelik EŞ 2013. Effect of dietary herbal supplements on some physiological conditions of sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Journal of Aquatic Animal Health*, 25: 98- 103.

- Zadmajid V, Mohammadi C 2017. Dietary thyme essential oil (*Thymus vulgaris*) changes serum stress markers, enzyme activity, and hematological parameters in gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) exposed to silver nanoparticles. Iranian Journal of Fisheries Sciences, 16: 1063–1084.
- Zadmajid V, Sheikahmadi A, Kamangar B, Javadi T 2016. The effects of thyme oil extract to reduce toxic effects of Nanosilver on growth factors and serum biochemical in goldfish (*Carassius auratus gibelio*). Journal of Aquatic Ecology, 5(4): 12-21.
- Zaki M, Labib E, Nour A, Tonsy H, Mahmoud S 2012. Effect some medicinal plants diets on mono sex Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), growth performance, feed utilization and physiological parameters. APCBEE Procedia, 4: 220-227.
- Zargar A, Rahimi-Afzal Z, Soltani E, Mirghaed AT, Ebrahimzadeh-Mousavi HA, Soltani M, Yuosefi P 2019. Growth performance, immune response and disease resistance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed *Thymus vulgaris* essential oils. Aquaculture research, 50: 3097- 3106.
- Zheng ZL, Tan JYW, Liu HY, Zhou XH, Xiang X, Wang K 2009. Evaluation of oregano essential oil (*Origanum heracleoticum* L.) on growth, antioxidant effect and resistance against *Aeromonas hydrophila* in channel catfish (*Ictalurus punctatus*). Aquaculture, 292: 214-218.

## The Amphibolite chemistry and BSE images of metamorphic sole in cataclastic metamorphism

Ayşe Didem Kılıç (<https://orcid.org/0000-0002-6804-6764>)

Firat University, Engineering Faculty, Geology, Elazığ, Turkey

Corresponding author e-mail: [adkiloc@firat.edu.tr](mailto:adkiloc@firat.edu.tr)

### Abstract

The İğdir Metamorphic sole in Southwest Turkey are composed of various amphibolites, micaschiste, calcschiste and marbles. Amphibolites are the most common rocks of it. The Back scattered electron microscope (BSE) analyses of amphibolites and microscopic properties is composed of sodic amphibolites, garnet amphibolites and normal amphibolites. Its minerals are mainly plagioclase, amphibole (tschermakite), relict clinopyroxene, garnet, epidote, chlorite (pycnochlorite), sphene, ilmenite and quartz. The highest metamorphic grade is garnet amphibolite facies.

The  $\delta^{18}\text{O}$  isotope value of garnet from garnet amphibolites are 4.2‰ reflects that it's magmatic origin. Besides microscopic features and isotope data support the idea that the amphibolites are metamorphized of mafic rocks at 550°C-8kbar and 610-650°C-10 kbar in the oceanic crust. Compositional properties of samples is conformable with mineralogic features and field. The Ca-amphibole, pycnochlorite and relict pyroxenes indicate to magmatic origin.

**Key words:** Amphibolite, cataclastic metamorphism, Backscattered electron microscope, oxygen isotope.

### INTRODUCTION

The İğdir metamorphites is located in the Alpine zone of Western Taurus (SW Turkey). It was obducted over the southern edge of the Menderes Massif during the Senonian during Laramian orogenesis (Doyen et al., 2014; Kılıç, 2012). They have characterisation of metamorphic sole rocks. The metamorphic soles developed during the emplacement on to ophiolites are considered as a beginning of the subduction of the oceanic crust. Its were formed at the beginning of ocean subduction below hot sub-ophiolitic mantle ((Malpas, 1979 ;McCaig, 1983; Jamieson, 1980a; Hacker et al., 1996). Its formed as a result of settlement of hot ophiolite over the cold oceanic crust and sediment is important in terms of providing important information about the structure and location of the old ocean basins (Robertson, 2004).

A metamorphites are a rock assemblage where milonitized ophiolitic rocks and degree of metamorphism increase from bottom to top that it is usually inverted metamorphic gradients. While higher-temperature metamorphic rocks are found at the base of the ophiolite, lower-temperature metamorphic rocks are more deep. The temperature and pressure which are effective at the metamorphites cause fragmented rock by dinamo-thermal metamorphism (Girardeau, et al., 1985). Its forms generally at an average temperature of 800-1250°C and a pressure range of 6-9 kbar (Ganguly, 1979).

The best examples of metamorphites in the base of ophiolite containing an average of 500 m thickness of amphibolite, garnet amphibolite, epidote amphibolite, phyllite, schist and meta-sedimentary rocks such as the Bay of Islands (Newfoundland, Canada) (Malpas, 1979) and at the base of the Semail ophiolite (Oman) (Gnos, 1998; Hacker, et al., 1997). The metamorphites in the base of the ophiolites which is related to formation, evolution and settlement geodynamic processes appears as a zones either adjacent to the upper ophiolitic unit as in the Bay of Islands (Semail) or distinct from the upper unit as in the base of the Xigaze (Coast Range) ophiolite (Wakabayashi & Dilek, 2000). Among they in the Mediterranean region are beneath of Pozanti-Karsanti ophiolite (Polat et al. 1996), Mersin ophiolite and Lycian ophiolite (Çelik and Delaloye, 2003).

The goal of this study is to investigate mineralogic, petrographic and geochemical features of amphibolites in the İğdir metamorphites and they to determine the types and environmental conditions by oxygen isotope method and by BSE views.

### MATERIAL AND METHODS

For petrographic nomenclature of rocks in the investigated area and thin section samples were performed at the laboratories of the Department of Geological Engineering, Pamukkale University ( Denizli, Turkey). Selected samples from the metamorphites have been analyzed for their major, trace, and rare-earth element (REE) compositions. the analyses were carried out in the commercial laboratory of ACME, Canada. The bulk rock analysis was Whole-rock chemical analyses have been carried out in the ACME laboratories by ICP- AES (major and some trace elements) and ICP-MS (some trace and rare earth elements, REE). Electron microprobe

analysis (EPMA) and backscattered electron (BSE) were performed at the Central Laboratory of the Middle East Technical University (METU). The oxygen isotope analysed in garnets was made in Queen's Facility for Isotope Research (Canada).

In the BSE analysis, the JEOL JXA-8230 model EPMA was used and the operating conditions increased 15 kV, 15 nA current and 5  $\mu\text{m}$  beam diameter. Quantitative from 166 points, line profile from 3 minerals and elemental mapping techniques from a single mineral were taken. BSE images were again obtained from 5 points with JEOL JXA-8230 model EPMA device. Oxygen isotope analyses was extracted from 5mg samples at 550-600°C according to the conventional BrF<sub>5</sub> procedure of Clayton and Mayeda (1963) and analyzed via dual inlet on a Thermo-Finnigan DeltaPlus XP Isotope-Ratio Mass Spectrometer (IRMS).  $\delta^{18}\text{O}$  values are reported using the delta ( $\delta$ ) notation in units of permil (‰) relative to Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) international standard, with a precision of 0.5‰.

## GEOLOGICAL SETTING

Tauride-Anatolide tectonic unit is one from the Alpine tectonic units and it is continental crust material shaped by the opening and closing of Neotethys ocean. In the southwest Anatolia are present many autochthonous (Beydağları, Taurus limestone axis, Anatolian-Tauride platform, Geyikdağı belt) (Poisson, 1977) and allochthonous units (Lycian Nappes) (Yılmaz et al., 1981).

The geological units in the investigated field are present İğdir metamorphites, Yeşilova ophiolite, Kızılcaadağ ophiolitic melange (Kılıç, 2017; Kılıç and Arslan, 2017). The Yeşilova ophiolite thrust onto the İğdir metamorphites, Kızılcaadağ melange are allochthonous onto the ophiolites. The Kızılcaadağ melange was also formed faulting the begin at the Upper Miocene (Kılıç, 2017).

Mineralogical and petrographic studies reveal that Yeşilova ophiolite are dunite, harzburgite, chromite lenses, layered gabbro, plagiogranite, isotrope gabbro, clinopyroxenite. The Kızılcaadağ melange are blocks of various sizes of local and transporting rock fragments (serpentinite, harzburgite, gabbros, radiolarite, silt, sandstone, conglomerate and limestones).

The İğdir metamorphites are comprised of amphibolites, phyllite, schiste, gneisses and metasediments. The highest metamorphic grade reported is amphibolite facies (Kılıç, 2012).

## RESULTS

### Petrography

The amphibolites have different granular and structures. They are mainly consist of plagioclase and amphibole. In some samples, amphiboles are more dominant than plagioclases. Additively the main mineral phases, quartz, garnet, pyroxene (as relict), opaque minerals (sphene), and secondary minerals like epidote, chlorite, calcite are observed. According to grain size are normal grained amphibolites (> 4mm), medium grains amphibolites (1-4 mm) and fine-grained amphibolites (< 1 mm). The normal amphibolites (> 4mm) are located the upper level interbedded with medium grains amphibolites (1-4 mm) (Figure 1a,b) and general its are common the metamorphic sole (Figure 1c). The fine-grained amphibolites (< 1 mm) are found in the base of metamorphic unit (Figure 1d).

As a mineralogic composition, the normal amphibolites consist of amphibole (> 90%) and plagioclase and less frequently clinopyroxene  $\pm$  epidote  $\pm$  sphene  $\pm$  quartz mineral assemblage. Medium and fined amphibolites comprise amphibole  $\pm$  plagioclase and less epidote  $\pm$  magnetite  $\pm$  ilmenite  $\pm$  quartz mineral assemblage. The medium and fine amphibolite consists of generally plagioclase + actinolite/hornblend + clinopyroxene (Figure 1a,b and Figure 3d). But, normal grain amphibolites in top of metamorphites comprises plagioclase+clinopyroxene+actinolite/brown hornblend and opac minerals (frequently sphene). The fined amphibolites in the base of sole amphibolites have green hornblende opac minerals (magnetite and ilmenite). They have not pyroxene.

The amphiboles from main minerals are generally unzoned and its have blue rim. They generally shows different and sized green pleochroism subhedral structure. (Figure 1b). The presence of relic pyroxene in some amphiboles indicates that formed by uralitization. Plagioclase generally shows oscillatory zoning and polysynthetic twinning.

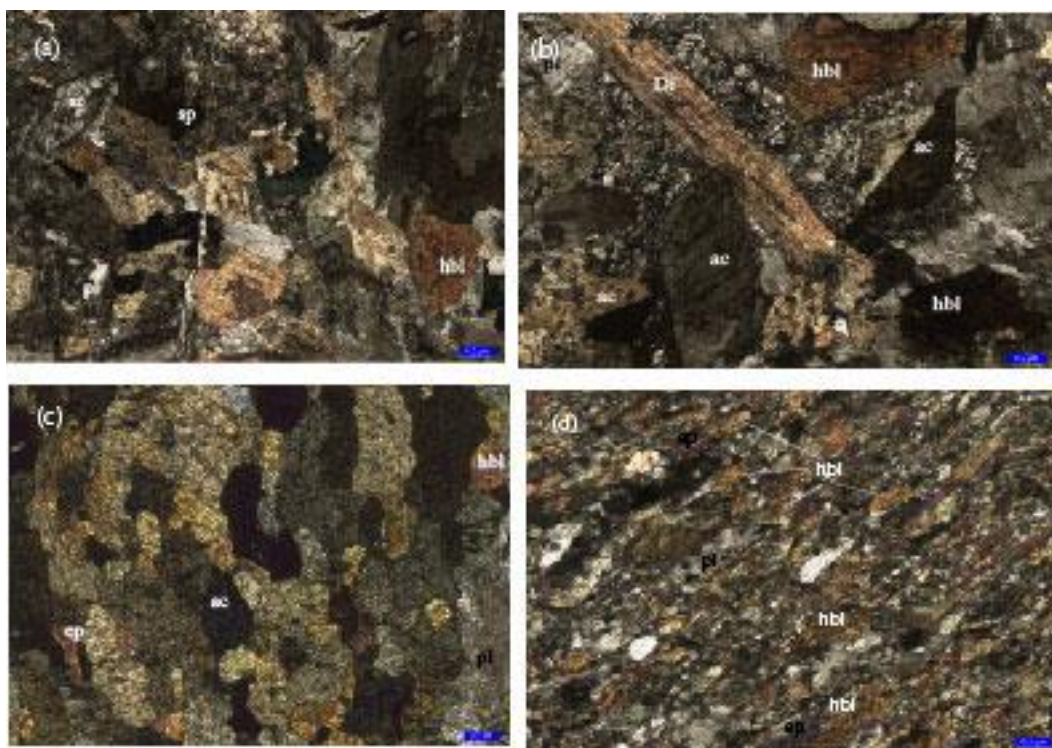
In some sample diopside shows reaction textures (Figure 2a) that likely indicates retrograde metamorphism in amphibolites. In the amphiboles and diopsides are any signs of reaction between phases (Figure 3a). The various colour in the amphibolites depending on the temperature and foliation effect. Amphibolites have well developed metamorphic foliation and layering. (Figure 1d). Indeed, colour and compositional change

(probably titanium content) in amphiboles result from temperature difference between lower and top level of amphibolites (Table 1).

The relict phases like diopside or augite and oscillatory zoning in plagioclase indicates to magmatic origin (Figure 3b). All rocks are transform partially to actinolite, epidote and chlorite by retrograded metamorphism and they are largely saussuritized (Figure 1a).

Garnet amphibolites located top level of amphibolites composed of green hornblende, garnet, plagioclase, quartz and magnetite (Figure 2c and Figure 3a). The porphyroblastic/poikiloblastic garnets show in both of level in the amphibolites (Kılıç and Ateş, 2014). The garnets in the upper level are 1-1.5 cm size, whereas its in lower level are 1-2 mm size (Figure 2d and Figure 2e).

The Back scattered electron microscopy (BSE) image reveals hornblende actinolite, various garnets, diopside, plagioclase, epidote, chlorite and opac minerals (sphene). Garnet occur in approximately one third of the runs usually in association with sphene and epidote (Figure 3).



**Figure 1.** The microscope images of Amphibolites (a,b) Normal amphibolite, (c) Medium amphibolite and (d) Fined amphibolite.

### Mineral Chemistry

In EMPA of medium to fine grained amphiboles were determined chemically epidote amphibolite, amphibolite (zoned amphibole and garnet-amphibole) and greenschiste amphibolite. Tables 1 present the results of all minerals chemical analyses of the samples taken from amphibolites of the İğdir metamorphites. In Table 1, amphiboles being silica-rich minerals shows similar composition of sodium amphiboles and magnesium amphiboles (average Si = 7.45 ).

The amphibolites, greenschists and epidote amphibolites show plotting on the total  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  diagram (LeBas et al., 1986). Whereas amphibolite, epidote amphibolite and greenschistes show basalt and picro-basalt properties, garnet amphibolites are andesitic in character .So, these amphibolites are metabasite.

The medium amphiboles are idiomorphs like pyroxenes and the two orthogonal subgroups which are observed in monoclinic and metamorphic rocks are divided into different series which show different chemical composition, mineralogical and optical properties in these sub-groups. Its are divided into four principal subdivisions as regard cations, the calcic amphiboles, the sodium amphiboles, the sodic-calcic amphiboles and the iron-magnesium amphiboles (Leake, et al., 1997). The amphiboles in study area are sodic and calcic amphiboles.

Examination of the Na versus Na+Ca (Hawthorne, 1981) reveals that whereas normal amphiboles have sodium properties, other all amphiboles are calcic in character.

In the XMg-Si diagram used for classification sodic-calcic amphiboles type are actinolite, tschermakite and magnesio-hornblende. Actinolite is greener in thin section compared to hornblende and has a lower extinction angle (average 15°). It is different from metamorphic hornblende which is green color and quite common in metabasites. The amphiboles in epidote amphibolites is tschermakite hornblende type, whereas others amphiboles actinolite hornblende and/or magnesio-hornblende. In microscopic works, the tschermakite crystals have very small and usually in the form of fibrous needles. The amount of it is controlled by temperature, bulk composition and pressure. Another feature of tschermakite forms together hornblende in epidote amphibolites contained more ilmenite than other amphibolites. The core of zoned amphiboles are more calcium than rim. Whereas, rims of zoned amphibole are strikingly less sodic than epidote amphiboles by magnetite (Najorka & Gottschalk, 2003).

The garnets have generally almandine composition ( $Alm_{70}Prp_{12}Grs_{11}Sps_5$ ). The almandine indicates high temperatures after or during the growing of the garnet (Copjakova et al., 2005). The garnet co-existence with sphene show low temperatures conditions, whereas the magnetite and ilmenite minerals indicates higher temperatures. In our samples, the presence of ilmenite and rarely magnetite reveals partly high the temperature. Moody et al., (1983) stayed that the ilmenite, magnetite, sphene, epidote and hematite minerals indicate stability of oxygen escapes in mafic systems, whereas epidote and hematite minerals indicate maximum oxidizing regimes. In all analysed sample sphene is less than <6% mol. The sphene composition have low totals and highly Ca and Ti. The chlorite in amphibolite is Fe-rich chlorite with  $X_{Mg}$  0.39-0.31 and  $X_{Fe}$  0.59-0.66. These results show that chlorite type is pycnochlorite that indicated magmatic origin (Hey, 1954). Various geothermometer studies indicates minimum equilibration temperature for the metamorphites rocks are between 550-600°C at ~6 kb.

On the XMg-Si diagram (Leake et al., 1997), some amphibole samples plot in kataphorite, magnesio-kataphorite and in some the richterite field. The CaO value of the zoned amphibole core is lower than the rims (Table 1) and its core are glaucophane or richterite. The calcic rim-amfiboles form by sudden cooling due to the uplift of the metamorphites, so they are high XMg value in rim. The zoned amphiboles have high  $TiO_2$  content in the core of crystal. The  $TiO_2$  value in calcium amphibole increases only as a function of temperature. But during slow cooling,  $TiO_2$  value may show as a sphene and/or ilmenite (Liu, et al., 1996) or indicate to the retrograde metamorphism.  $TiO_2$  content of twinned amphiboles is higher than the others (Table 1). Also, the amphiboles in magnetite-amphibolite have properties less sodic than lower zoned amphiboles (Table 1) (Kılıç and Aslan, 2017).

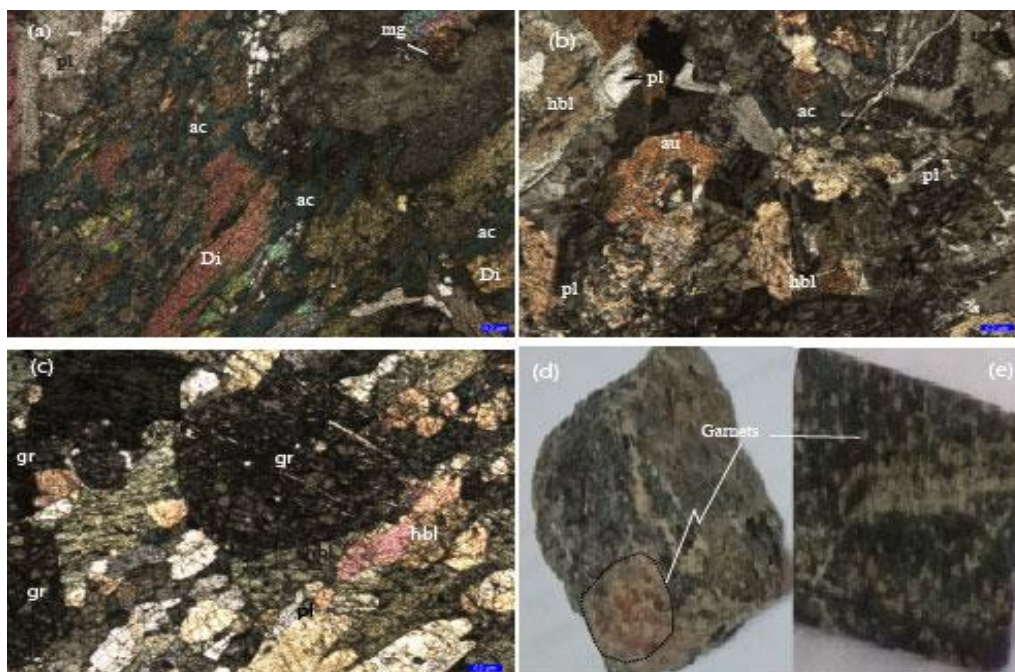
### The oxygen isotope geochemistry in Garnet

Garnet was analysed garnets from the amphibolite garnets for oxygen isotopes (Fig. 2c,d and Table 1). The chemical composition of garnets are  $Alm_{70}Prp_{12}Grs_{11}Sps_5$  and  $Alm_{70}Grs_{15}Prp_9Sps_5$ . In BSE garnets is commonly inclusions (Fig.4c). So, grossularite content of its are %15. Sphene which is identify rare and inclusion or fine grained in BSE images, was positively identified in 12 runs

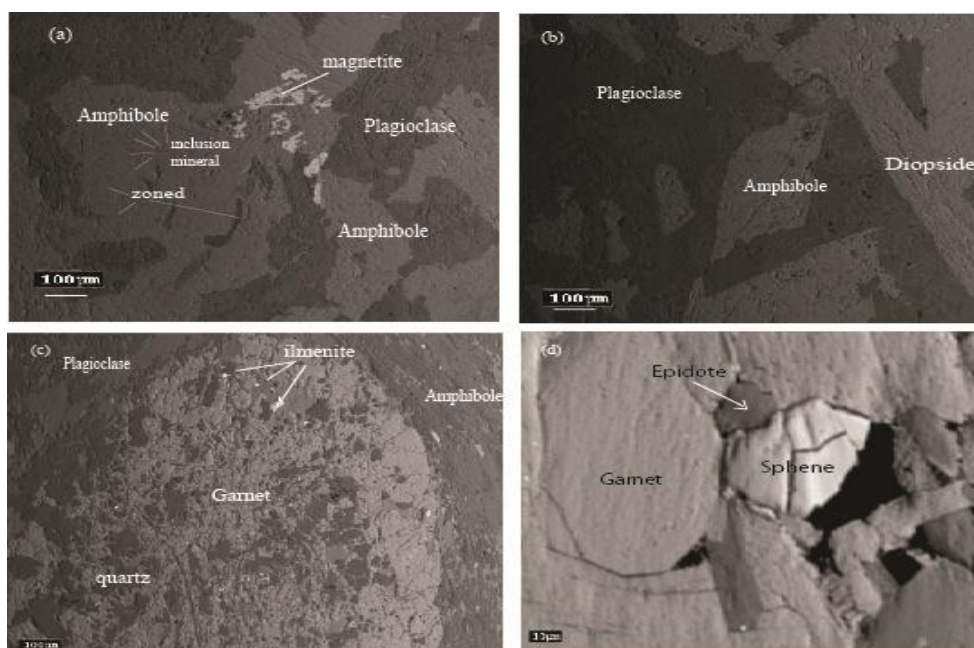
The  $\delta^{18}O$  values of garnets are 4.2‰ (n = 3). The calculated  $\delta^{18}O$  value reflect magmatic origin (Samadi et al., 2014). According to the result, the  $\delta^{18}O$  values of garnets are close to 3–5.3‰ (Nadeau et al., 1993), 3.8‰ (Gregory and Taylor, 1981) and 3.5–6.0‰ (Zheng, 1993a). The measured oxygen isotope indicate highly temperature changes by limited fluid/rock ratios (Gregory and Taylor, 1981), the production of hydration in protolith or results of alteration of fluids in the rocks during subduction. The source of low  $\delta^{18}O$  isotope value can be fluids in altered oceanic basalts/gabbros or serpentinite. Already, the  $\delta^{18}O$  values between 4.6–5.9‰ in garnets was used as a serpentine–water fractionation factor indicated approximately 550 °C temperature..

Major Oxides (%)	Normal amphibolite															Medium grain				Fined grain				
	Zoned amphiboles (YO-2-1)										Twinned amphibole (YO-2-2)					Amphibole in greenschist (YO-3)				Amphibole in epidote amphibolite (IG-2)				
	rim			core				rim			rim		core			rim	rim	core		rim	rim	core		rim
	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6	2-7	2-8	2-9	2-10	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	4-1	4-2	4-3	4-4	I2-1	I2-2	I2-3	I2-4	
<b>SiO<sub>2</sub></b>	52.66	52.71	52.07	45.55	45.59	43.84	44.49	52.56	52.42	52.30	46.73	46.27	46.02	46.32	46.97	47.60	47.47	48.21	47.80	43.79	43.73	44.82	43.59	
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1.025	2.37	3.07	8.68	10.00	9.99	9.35	2.00	2.98	2.73	8.17	8.13	9.06	8.80	8.68	8.38	8.23	7.26	8.33	13.53	13.12	13.57	13.67	
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0.19	0.35	0.50	1.49	2.44	2.66	2.37	0.38	0.39	0.57	1.82	1.93	1.88	1.98	1.53	0.48	1.21	0.60	0.46	0.41	0.47	0.41	0.42	
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	11.92	5.36	6.48	16.94	16.83	17.17	17.12	5.02	6.32	7.08	16.05	15.96	15.72	15.77	15.83	15.48	16.14	14.46	15.30	11.93	12.08	11.62	11.91	
<b>MgO</b>	12.63	17.19	15.91	11.53	11.84	11.37	11.08	15.21	16.09	16.02	12.92	12.79	12.33	12.78	12.98	12.15	11.63	12.32	11.93	12.49	12.82	12.87	12.37	
<b>MnO</b>	0.46	0.17	0.16	0.27	0.23	0.27	0.25	0.19	0.20	0.183	0.32	0.27	0.29	0.24	0.22	0.26	0.32	0.34	0.27	0.21	0.19	0.22	0.25	
<b>CaO</b>	21.52	20.93	21.31	10.41	10.13	10.34	10.60	23.41	21.03	21.06	10.30	10.49	10.60	10.58	10.63	12.02	12.15	11.96	12.13	11.57	11.44	11.45	11.43	
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0.30	0.23	0.30	1.38	1.77	1.74	1.46	0.21	0.28	0.21	1.17	1.20	1.58	1.46	1.50	0.94	1.04	0.84	0.91	2.25	2.37	2.39	2.22	
<b>K<sub>2</sub>O</b>	0.00	0.001	0.015	0.063	0.072	0.065	0.062	0.007	0.026	0.004	0.045	0.06	0.05	0.07	0.09	0.21	0.17	0.19	0.21	0.32	0.31	0.29	0.29	
<b>Total</b>	100.7	99.31	99.81	96.31	98.90	97.44	96.78	98.98	99.73	100.15	97.53	97.10	97.57	98.00	98.46	97.52	98.36	96.18	97.34	96.50	96.53	97.64	96.15	
<b>Cations</b>																								
<b>Na</b>	0.085	0.063	0.082	0.403	0.502	0.506	0.425	0.059	0.078	0.059	0.340	0.349	0.456	0.420	0.426	0.269	0.296	0.245	0.262	0.604	0.482	0.675	0.638	
<b>Si</b>	7.570	7.413	7.342	6.856	6.674	6.560	6.689	7.403	7.385	7.372	6.965	6.936	6.835	6.864	6.876	7.018	6.973	7.168	7.051	6.491	6.702	6.519	6.459	
<b>Al</b>	0.173	0.393	0.510	1.540	1.725	1.762	1.657	0.336	0.495	0.454	1.435	1.436	1.586	1.537	1.498	1.455	1.424	1.272	1.448	2.320	2.285	2.326	2.388	
<b>Mg</b>	2.706	3.604	3.344	2.586	2.583	2.536	2.483	3.227	3.380	3.367	2.871	2.858	2.729	2.823	2.833	2.671	2.547	2.730	2.623	2.788	2.746	2.791	2.733	
<b>Fe</b>	1.433	0.630	0.764	2.132	2.061	2.149	2.153	0.597	0.744	0.835	2.001	2.001	1.952	1.954	1.938	1.909	1.982	1.798	1.888	1.483	1.427	1.413	1.476	
<b>Mn</b>	0.056	0.021	0.019	0.035	0.028	0.034	0.032	0.023	0.024	0.021	0.040	0.034	0.037	0.030	0.027	0.033	0.040	0.043	0.034	0.034	0.056	0.027	0.032	
<b>Ni</b>	0.000	0.003	0.006	0.001	0.004	0.000	0.005	0.003	0.001	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.003	0.003	0.002	0.001	0.009	0.004	0.000	0.000	0.004	
<b>K</b>	0.000	0.000	0.003	0.012	0.013	0.012	0.012	0.001	0.004	0.000	0.008	0.012	0.009	0.012	0.016	0.040	0.032	0.036	0.040	0.061	0.035	0.055	0.056	
<b>Ca</b>	3.314	3.154	3.220	1.679	1.589	1.658	1.708	3.569	3.174	3.181	1.645	1.685	1.687	1.680	1.668	1.899	1.912	1.906	1.917	1.796	1.772	1.784	1.815	
<b>Ti</b>	0.021	0.037	0.053	0.168	0.268	0.299	0.268	0.040	0.042	0.060	0.092	0.105	0.155	0.131	0.146	0.053	0.134	0.067	0.051	0.049	0.048	0.045	0.045	
<b>Cr</b>	0.002	0.042	0.031	0.000	0.002	0.000	0.000	0.007	0.025	0.012	0.000	0.002	0.000	0.000	0.011	0.003	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
<b>O</b>	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	

**Table 1.** Electron microprobe analyses (EPMA) results of amphibolites



**Figure 2** a) The diopside-actinolite reactions and saussuritized, b)The oscillatory zoning in plagioclase, c)The garnet amphibolite sample, d) Garnet with >1cm grain size in garnet amphibolite, e) Garnet with 1-2mm grain size in garnet amphibolite.



**Figure 3.** Back scattered electron (BSE) image of amphiboles.(a) zoned amphibole, (b)actinolite-amphibole, (c) garnets (d) sphene.

## CONCLUSIONS

According to the researchers (Poisson, 1968;), the Beydağları autochthonous were overthrust onto allochthonous Lycian nappes. The study work is located in Lycian nappes. The lithological units are Yeşilova ophiolite, Kızılcadağ melange and İğdir metamorphites.

The investigated İğdir metamorphites are mainly composed of milonitic ultramafites and sub-ophiolitic metamorphic rocks. It is located at the base of the Yeşilova ophiolite as its the Tethys ophiolites (Semail, Baer-Bassit, Mersin) and in many regions of the World (Searle and Cox, 2002; Gnos, 1998; Al-Riyami et al., 2002), Xigaze in Tibet (Guilmette et al., 2009; Lycian (Collins and Robertson, 1998, Çelik and Delaloye, 2003.);



Pozanti-Karsanti (Lytwyn and Casey 1995). They have typical inverted metamorphic gradient which determined by a decrease in metamorphic grade towards base of the sub-ophiolitic rock series. These metamorphites have properties amphibolite facies (garnet amphibolite) and greenschist facies (Castro et al., 1996, Kakar et al., 2011). Generally metamorphic mineral assemblages are together with similar excluding its in the Semail and Turkey. These difference is derive from relict pyroxene. Because, its in Turkey and Semail have composition of garnet-bearing amphibolites and coarse grain amphibolites. Relict pyroxenes were reported from the Semail (Oman) and Turkey metamorphic rocks (Mahmood, et al. 1995). Mineralogic features and major-trace element variations indicate quartz, plagioclase, hornblende, relict pyroxene, epidote, chlorite and Fe-Ti oxides (magnetite, ilmenite, sphene). Mineral chemistry, BSE views and isotope analyses have high Ti-clinopyroxene, Mg-hornblende or Ti-rich biotite and  $\delta^{18}\text{O}$  values of the garnets (4.2‰) are support the magmatic origin. The relict phases (diopside/augite) and plagioclase indicate magmatic origin. Amphibolites and greenschist amphibolites are formed by metamorphised of oceanic tholeiites, whereas garnet amphibolites are formed by metamorphised of basaltic rocks (Kılıç, 2012).

Field, petrographic, geochemical, suggest that the Iğdir metamorphites have basanite properties. These metamorphites are comprised of amphibolites, phyllite, schiste, gneisses and metasediments and show metamorphism in greenschist-amphibolite facies. In the EPMA analyses, microscopic studies and BSE image represent three different type in the composition of amphibolites. The one are sodic amphiboles type (epidote amphibolite, garnet amphibolite), others calcic greenschist/epidot amphibolites (tschermakite and magnesio-hornblende) and normal amphibolite (actinolite hornblende and magnesio-hornblende type). Probably epidote amphibolites and amphibolites are metamorphized of mafic rocks at 550°C- 8 kbar and 610-650°C-10 kbar in the oceanic crust. According to Trzcieski (1988) amphibolites type indicate effected by high pressure tectonism of the oceanic crustal rocks. In the EPMA analyses is determined pycnochlorite, garnets and relict pyroxenes type. Furthermore, the oxygen isotope value of almandine-garnet is 4.2‰.

In BSE view, the colour and compositional change of amphibolites (probably titanium content) indicate high of metamorphic temperature in top levels according to base of metamorphites. The sodic composition in core of amphiboles indicates rapidly exhumation of the metamorphites. These results are in accordance with the petrographic studies and field data.

## REFERENCES

- Al-Riyami K, Robertson A, Dixon J, Xenophontos, C. 2002. Origin and emplacement of the Late Cretaceous Baer-Bassit ophiolite and its metamorphic sole in NW Syria. *Lithos* 65(1):225–260.
- Copjaková, R., Sulovský, P., Paterson, B.A., 2005. Major and trace elements in pyropealmandine garnets as sediment provenance indicators of the lower carboniferous culm sediments, Drahany uplands, Bohemian Massif. *Lithos* 82, 51–70.
- Çelik, Ö.F. and Delaloye, M., 2003. Origin of metamorphic soles and their post kinematic mafic dyke swarms in the Antalya and Lycian ophiolites, SW Turkey, *Geological Journal*, 38: 235-256.
- Ganguly, J., 1979. Garnet and clinopyroxene solid solutions, and geothermometry based on Fe-Mg distribution coefficient, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 43: 1021-1030.
- Gregory R.T, Taylor H.P., 1981. An oxygen isotope profile in a section of Cretaceous Oceanic Crust, Semail Ophiolite, Oman: evidence for  $\delta^{18}\text{O}$  buffering of the oceans by deep (> 5 km) seawaterhydrothermal circulation at mid-ocean ridges. *J Geophys Res.*86: 2737–2755.
- Girardeau, J., Mercier, J.C.C., et Yougong, Z., 1985b. Origin of the Xigaze ophiolite, Yarlung Zangbo suture zone, southern Tibet, *Tectonophysics*, 119: 407-433.
- Gnos, E. 1998. Peak metamorphic conditions of garnet amphibolites beneath the Semail ophiolite: implications for an inverted pressure gradient. *Int Geol Rev* 40(4):281–304.
- Guilmette C, Hébert R, Wang C, Villeneuve M (2009) Geochemistry and geochronology of the metamorphic sole underlying the Xigaze Ophiolite, Yarlung Zangbo Suture Zone, South Tibet. *Lithos* 112: 149–162.
- Hacker, B. R., Mosenfelder, J. L., Gnos, E., 1996. Rapid emplacement of the Oman Ophiolite, thermal and geochronologic constraints, *Tectonics*, 15: 1230-1247.
- Harangi, S.Z., Downes, H., Ko'sa, L., Szabo', C.S., Thirlwall, M.F., Mason, P.R.D., 2001. Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of the Northern Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): geochemistry, petrogenesis and geodynamic implications. *Journal of Petrology* 42:1813–1843.
- Hawthorne, F.C., 1981. Crystal chemistry of the amphiboles. In *Mineralogical Society of America Reviews in Mineralogy*, 9A:1–102.
- Hey, M.H., 1954. A new review of the chlorites," *Mineralogical Magazine*, 30(224),:277-292.

- Jamieson R. A., 1980a. Formation of metamorphic aureoles beneath ophiolites. Evidence from the St. Anthony Complex, Newfoundland. *Geology* 8. 1X-154.
- Kakar, M.I., 2011. Petrology, geochemistry and tectonic setting of the Muslim Bagh ophiolite, Balochistan, Pakistan. PhD thesis (unpublished), Centre of Excellence in Mineralogy, University of Balochistan, Quetta: 257p.
- Kılıç, A.D., 2012. Petrology of Amphibolite at the Bottom of Ophiolites:İğdir Metamorphic Sample, Fırat Univ. *Journal of Engineering*, 24 (1): 45-55.
- Kılıç, A.D., Ateş, C., 2014. Metamict zircon and structural characters:Pütürge Metamorphite Example. *Turkish Journal of Science&Technology*, 9(2):127-133.
- Kılıç, A.D., 2017. Microstructure and Mineralogic Evidences of Fractional Differentiation: The Yeşilova Ophiolite Example, *Journal of Earth Science and Engineering* 7:28-36.
- Kılıç, A.D., Arslan, G., 2017. Ofiyolit Tabanındaki Metamorfitlelerin Jeokimyası, Petrolojik Ve Jeokronolojik Özellikleri, FÜBAP proje no:1735 (yayınlanmamış)
- Leake, B.E., *et al.*, 1997. Nomenclature of Amphiboles: Report of the Subcommittee of the International Mineralogical Association, Commission on New Minerals and Mineral Names. *American Mineralogist*, 82: 1019-1037.
- LeBas M.J., LeMaitre R.W., Streckeisen A, Zanettin B., 1986. A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali silica diagram. *J Petrol* 27: 745–750.
- Liu, J., Bohlen, S.R. and Ernst, W.G., 1996. Stability of hydrous phases in subducting oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 143:161–171.
- Lytwyn, J.N., Casey, J.F., 1995 The geochemistry of post-kinematic mafic dyke swarms and subophiolitic metabasites, Pozanti-Karsanti ophiolite, Turkey: evidence for ridge subduction. *Geol Soc Am Bull* 107:830–850.
- Mahmood, K, Boudier, F, Gnos, E, Monié P, Nicolas, A., 1995. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating of the emplacement of the Muslim Bagh ophiolite, Pakistan. *Tectonophysics* 250:169–181.
- Malpas, J., 1979. The dynamothermal aureole of the Bay of Islands ophiolite suite, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 16: 2086-2101.
- Moody, J.B., Meyer, D., and Jenkins, J.E., 1983. Experimental characterization of the greenschist/amphibolite boundary in mafic systems. *American Journal of Science*, 283:48–92.
- Mueller, S., Phillips, R. J., 1991. On the initiation of subduction, *Journal of Geophysical Research*, B, Solid Earth and Planets, 96:651-665.
- Nadeau S, Philippot P, Pineau, F., 1993. Fluid inclusion and mineral isotopic compositions (H–O–C) in eclogitic rocks as tracers of local fluid migration during high-pressure metamorphism. *Earth Planet Sci Lett* 114:431–448.
- Najorka, J. & Gottschalk, M., 2003. Crystal chemistry of tremolite–tschermakite solid solutions. *Phys. Chem. Minerals* 30: 108-124.
- Polat A, Casey J.F, Kerrich R., 1996. Geochemical characteristics of accreted material beneath the Pozanti-Karsanti ophiolite, Turkey: intra-oceanic detachment, assembly and obduction. *Tectonophysics* 263(1):249–276.
- Poisson, A., 1977, Recherches géologiques dans les Taurides occidentales (Turquie). Thèse de Docteur des Sciences, Université de Paris Sud (Orsay), 795 p.
- Robertson, A.H.F. 2004. Development of concepts concerning the genesis and emplacement of Tethyan ophiolites in the eastern Mediterranean and Oman regions. *Earth-Science Reviews* 66:331–387.
- Samadi R., Nathan R.,M., Mirnejad H., Harris C., Kawabata H. and Shirdashtzadeh N., 2014a. Origin of garnet in aplite and pegmatite from Khajeh Morad in northeastern Iran: a major, trace element, and oxygen isotope approach, *Lithos* 208–209, 378–392.
- Vielzeuf, D., Veschambre, M., Brunet, F., 2005. Oxygen isotope heterogeneities and diffusion profile in composite metamorphic-magmatic garnets from the Pyrenees. *American Mineralogist* 90: 463–472.
- Zheng, Y. F., 1993a. Calculation of oxygen isotope fractionation in hydroxyl-bearing silicates. *Earth Planet Sci Lett*. 120:247–263.

## Performance characteristics of six cylinder turbocharged CI engine fueled with ethanol-gasoline-diesel blends

Ramazan Şener (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6108-8673>)

Batman University, Technology Faculty, Automotive Engineering Department, Batman, Turkey.

Corresponding author e-mail: ramazan.sener@batman.edu.tr

### Abstract

The compression-ignition (CI) engines are widely used due to its reliability, durability, and fuel economy. Alternative fuels are used to achieve high performance and low emissions. In this study, the effects of diesel, gasoline, and ethanol on 6-cylinder turbocharged CI engine performance and efficiency were investigated using the quasi-dimensional (QD) model. Effects of ten different fuel blends such as neat diesel (D100G0E0), 90% diesel - 10% ethanol (D90G0E10), 80% diesel - 20% ethanol (D80G0E20), 70% diesel - 30% ethanol (D70G0E30), 90% diesel - 10% gasoline (D90G10E0), 80% diesel - 20% gasoline (D80G20E0), 70% diesel - 30% gasoline (D70G30E0), 80% diesel - 10% gasoline - 10% ethanol (D80G10E10), 80% diesel - 20% gasoline - 20% ethanol (D60G20E20), 80% diesel - 20% gasoline - 10% ethanol (D70G20E10) were investigated on engine performance and brake efficiency. Since ethanol has a lower LHV value, it has been observed that the ethanol addition by weight to the diesel reduces the brake power. However, gasoline mixtures have slightly increased brake power and efficiency. It is found that CI engines can be operated with a diesel-gasoline blend.

**Keywords:** QD modeling, performance, ethanol, gasoline, diesel, CI engine.

### INTRODUCTION

Studies are carried out to reduce emissions in compression ignition engines. Many areas such as the improvement of the injection system, optimization of the combustion chamber, different combustion concepts, and the use of alternative fuels are studied (Pei et al., 2019; Sener, Yangaz, & Gul, 2020; Yilmaz & Atmanli, 2017). Since engines are widely used around the world, the slightest improvement in emission and fuel efficiency means a reduction in total emission values by tons and a reduction in tons of fuel usage.

Compression ignition engines are possible to work with a mixture of gasoline or ethanol in certain proportions besides diesel. The main problem of diesel-ethanol fuel blends is miscibility. Since diesel consists of long chains of non-polar hydrocarbons, it is difficult to mix ethanol in larger quantities than 5% by volume. Ethanol is a short and polar molecule (Liu, Hu, & Jin, 2016). One way to avoid the splitting problem is to use an emulsifier. Such a substance could be gasoline. Generally, if the aromatic content of gasoline is higher, more ethanol can be mixed into the blend (Gerdes & Suppes, 2001). In addition, the ratio of the fuel blends is important for engine performance and emissions. Some of the studies done to determine this ratio are presented below.

Belgiorno et al. studied the usage of fuel blends containing diesel, gasoline, and ethanol in the ratios of 68:17:15 and 58:14:30 in a single-cylinder light-duty engine. They found that ethanol had 8% more indicated efficiency for higher concentration ethanol compared to diesel for 8 bar of BMEP case. Also, fuel blends containing ethanol emit less amount of NOX at low loads. While the highest soot emission measured 0.46 g/kWh for diesel, it was measured as 0.1 g/kWh for ethanol blends. However, the soot generated when operating the engine on fuels containing ethanol was not significantly affected by EGR just as in the case of diesel. Despite having lower cetane numbers, higher combustion stability was observed in ethanol-blended fuels (Belgiorno et al., 2018).

Chaudhari and Deshmukh studied premixed Low Temperature Combustion (LTC). LTC engine has been used to provide clean combustion and improved efficiency. They found that the change in fuel injection timing and pressure provides clean combustion with the addition of charge dilution (with hot EGR) and a mixture of diesel and diesel-gasoline (25% gasoline by volume). Engine operation, a lower rate of pressure increase, fuel consumption, near zero NOx -soot emissions and improved engine thermal efficiency can be achieved. Compared to diesel, gasoline shows improved engine characteristics for broad fuel injection timing. Air-fuel

mixture improved by early fuel injection and stratification with hot exhaust gas delays the initiation of combustion and thus the rate of heat release and pressure rise. The load carrying capacity of the engine can be expanded without reducing engine performance by using a combination of low and high reactivity fuel (Chaudhari & Deshmukh, 2020).

Li et al. have experimentally studied the effects of fuel mixtures on combustion performance and emissions to improve the combustion behavior of diesel engines operating with diesel/gasoline/iso-butanol blends and further reduce pollutant emissions. Experimental results show that, unlike pure diesel, the ignition timing was delayed, the CA50 extended, the combustion duration shortened and the maximum pressure rise rate increased when the engine was operated with diesel/gasoline/iso-butanol blends. They found that while diesel-gasoline-butanol and diesel-butanol increased specific fuel consumption, by adding gasoline and iso-butanol, there was a reduction in CO emissions and a significant increase in HC, NO<sub>x</sub> emissions. Additionally, adding iso-butanol further improved the PM-NO<sub>x</sub> trade-off over gasoline addition (Li et al., 2019).

According to the studies presented above, the usage of different fuel blends in compression ignition engines at different rates causes a decrease in emissions and an increase in engine efficiency. In order to utilize different fuel blends in the most efficient way, fuel blends should be used in the most appropriate proportion. In terms of performance and emission, determining the most appropriate fuel ratio can be done experimentally, as well as one-dimensional models that validated have been performed with less time and less cost. In this study, effects of ten different fuel blends such as neat diesel (D100G0E0), 90% diesel - 10% ethanol (D90G0E10), 80% diesel - 20% ethanol (D80G0E20), 70% diesel - 30% ethanol (D70G0E30), 90% diesel - 10% gasoline (D90G10E0), 90% diesel - 20% gasoline (D80G20E0), 70% diesel - 30% gasoline (D70G30E0), 80% diesel - 10% gasoline - 10% ethanol (D80G10E10), 80% diesel - 20% gasoline - 20% ethanol (D60G20E20), 80% diesel - 20% gasoline - 10% ethanol (D70G20E10) were investigated on engine performance and brake efficiency.

## MATERIALS AND METHODS

The test engine characteristics are listed in table 1. Engine displacement is 4.7 liters and the diameters of bore and stroke are 100-mm. Numerical studies were carried out with GT-Power Quasi-Dimensional engine simulation software. Multiple cylinder combustion, engine performance, and emission analyzes can be performed using this software. The model consists of a turbocharger, intake and exhaust manifolds, ports, valves, cylinders, and injectors. The model has defined parameters to represent the test engine.

**Table 8.** The test engine characteristics

Total displacement	4.7 l
Bore	100 mm
Stroke	100 mm
Compression ratio	16.5
Number of Cylinder	6
Ignition order	1-5-3-6-2-4

The model of the test engine established with GT-Power software is shown in figure 1. The engine has 6-cylinders with a turbocharger. DI-Wiebe combustion model is used to model in-cylinder combustion. The model has a turbocharger, and compressors. Ten different fuel blends were used as direct injection fuel in the compression-ignition engine. Effects of ten different fuel blends such as neat diesel (D100G0E0), 90% diesel - 10% ethanol (D90G0E10), 80% diesel - 20% ethanol (D80G0E20), 70% diesel - 30% ethanol (D70G0E30), 90% diesel - 10% gasoline (D90G10E0), 90% diesel - 20% gasoline (D80G20E0), 70% diesel - 30% gasoline (D70G30E0), 80% diesel - 10% gasoline - 10% ethanol (D80G10E10), 80% diesel - 20% gasoline - 20% ethanol (D60G20E20), 80% diesel - 20% gasoline - 10% ethanol (D70G20E10) were used to investigate the engine performance and brake efficiency. Properties of diesel, gasoline and ethanol fuels are presented in table 2 (Saravanan, Kumar, Ettappan, Dhanagopal, & Vishnupriyan, 2020; Suiuy et al., 2020).

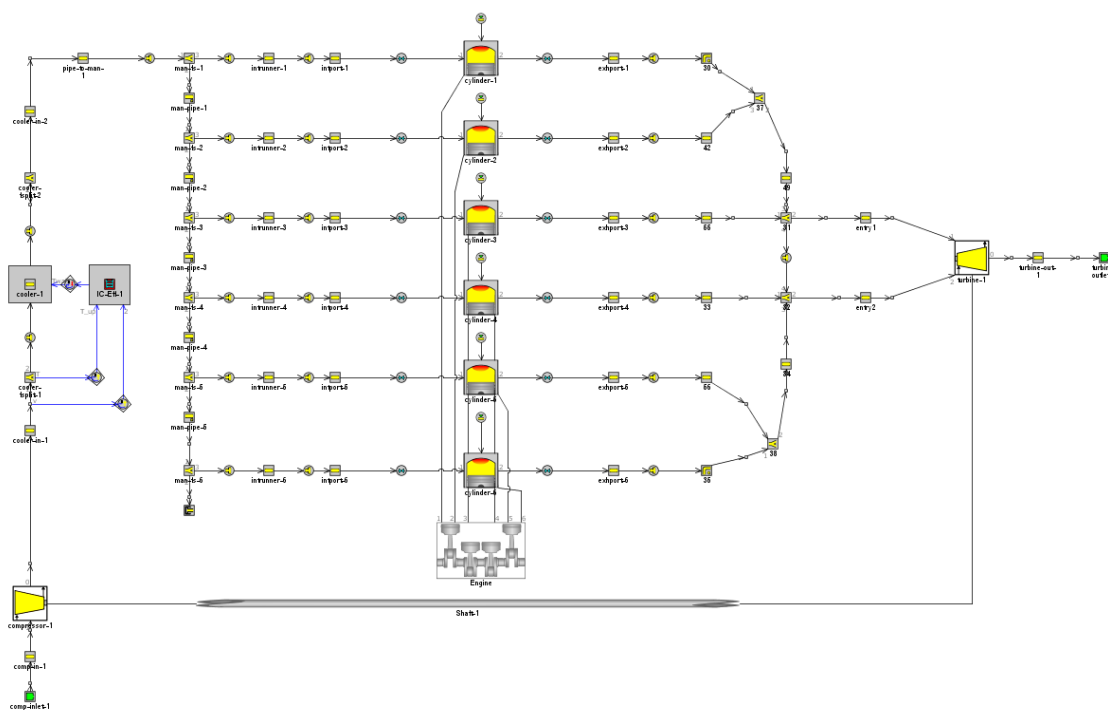


Figure 15. QD model of the Test Engine.

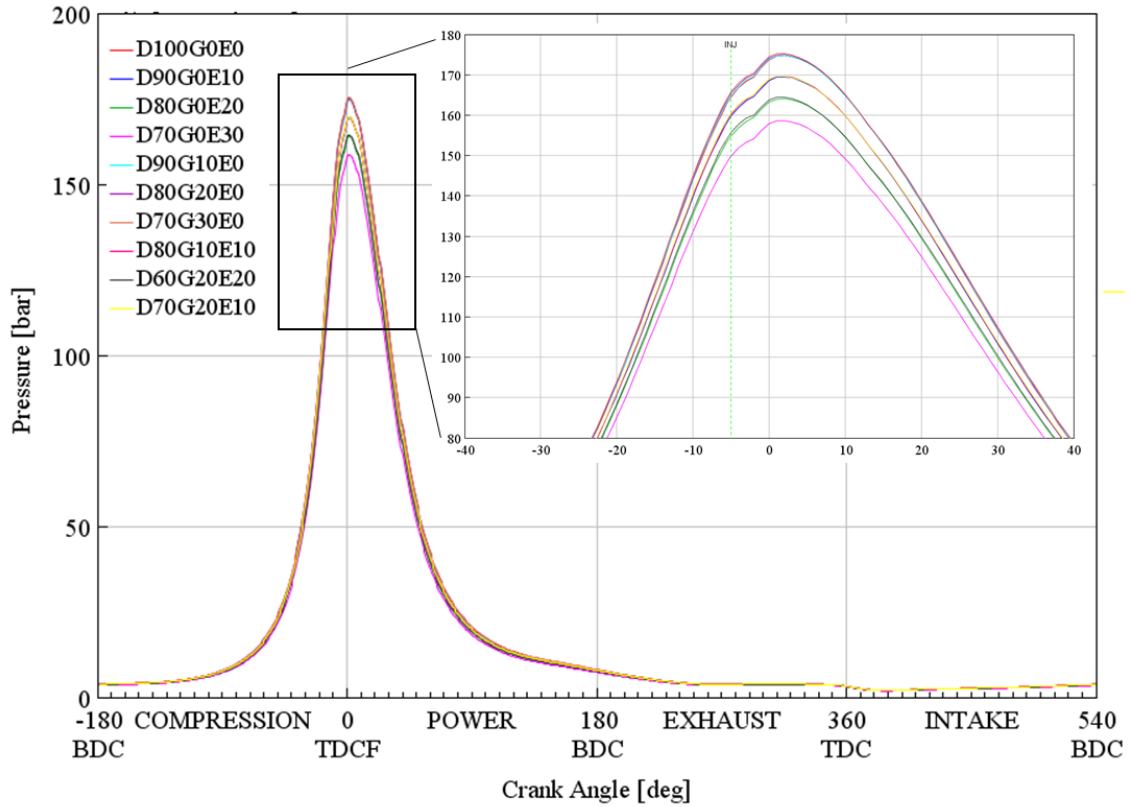
Table 9. The properties of fuels

Properties	Diesel	Gasoline	Ethanol
Chemical formula	$C_8H_{15}$	$C_8H_{18}$	$C_2H_5OH$
Molecular weight	111.21	112	46.07
Stoichiometric AFR	14.50	15.04	8.94
Lower heating value (MJ/kg)	44.3	43.26	27
Research octane number	96.5	95	111
Destiny ( $g/cm^3$ )	0.737	0.730	0.785
Auto ignition temperature ( $^{\circ}C$ )	260	330	365

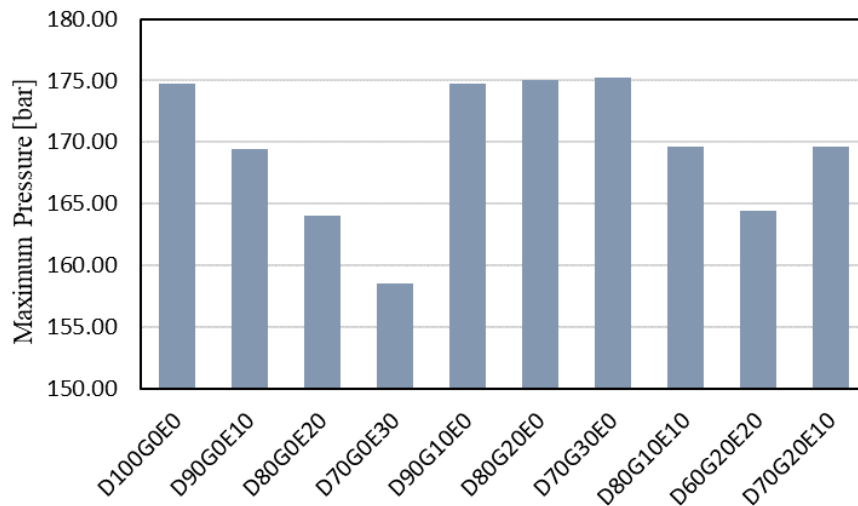
## RESULTS and DISCUSSION

Different fuel blends were modeled to investigate on performance characteristics with six-cylinder turbocharged CI engine using 1D code. Ten different fuel blends were neat diesel (D100G0E0), 90% diesel - 10% ethanol (D90G0E10), 80% diesel - 20% ethanol (D80G0E20), 70% diesel - 30% ethanol (D70G0E30), 90% diesel - 10% gasoline (D90G10E0), 90% diesel - 20% gasoline (D80G20E0), 70% diesel - 30% gasoline (D70G30E0), 80% diesel - 10% gasoline - 10% ethanol (D80G10E10), 80% diesel - 20% gasoline - 20% ethanol (D60G20E20), 80% diesel - 20% gasoline - 10% ethanol (D70G20E10).

Engine combustion and in-cylinder pressures were carried out using different fuel blends (figs. 2 and 3). The maximum in-cylinder pressure was 175.24 bar fueled with D70G30. Therefore, this value was the highest value among all blends. When neat diesel is used, only about 0.5 bar lower maximum pressure is obtained. However, when D70E30 are used, the in-cylinder pressure is 17 bar lower than D70G30 case.



**Figure 16.** In-cylinder pressures for different fuel blends.



**Figure 17.** Maximum pressure for different fuel blends.

Among the different fuel blends, the highest power and torque were obtained with diesel-gasoline blends. The usage of ethanol reduces power and torque, because of its lower LHV. This situation may change if the mixing ratio is determined according to the LHV of the fuels. However, it can be seen from fig. 4, power can be increased by mixing gasoline with diesel.

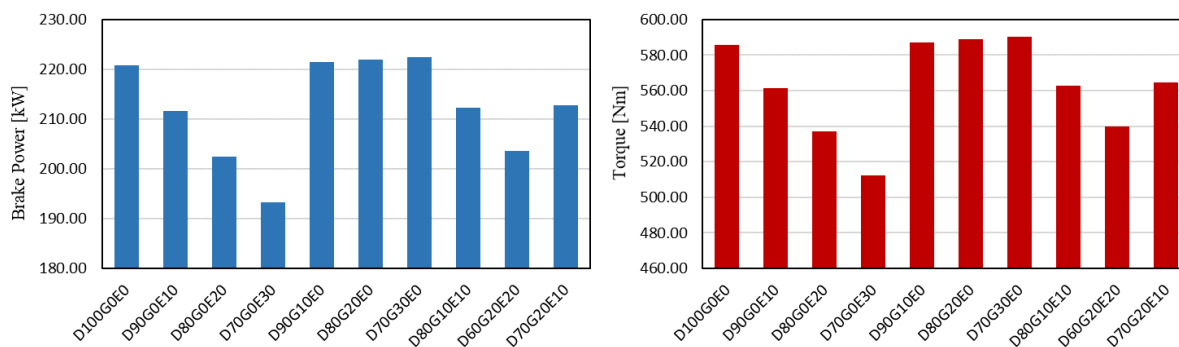


Figure 18. Brake Power and Torque for different fuel blends.

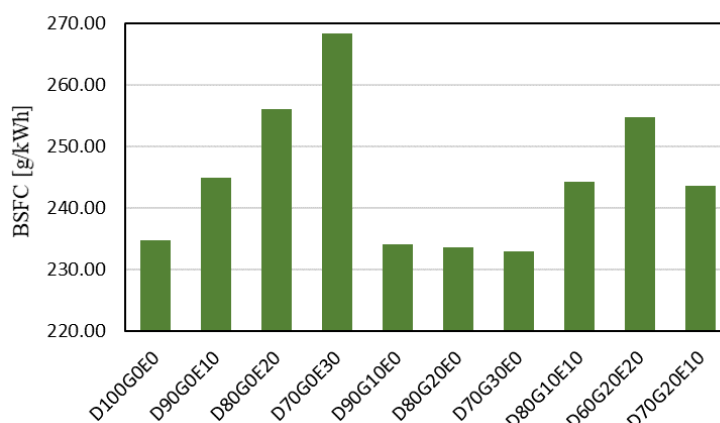


Figure 19. Brake specific fuel consumption for different fuel blends.

Because the total mass of fuel is the same in all cases, the BSFC value changes in inverse proportion to brake power (fig. 5). Indicated efficiency increases with the usage of ethanol. The highest indicated efficiency is obtained with 20% ethanol. Accordingly, ethanol is promising, if a fuel mixture proportion is formed according to LHV (fig. 6).

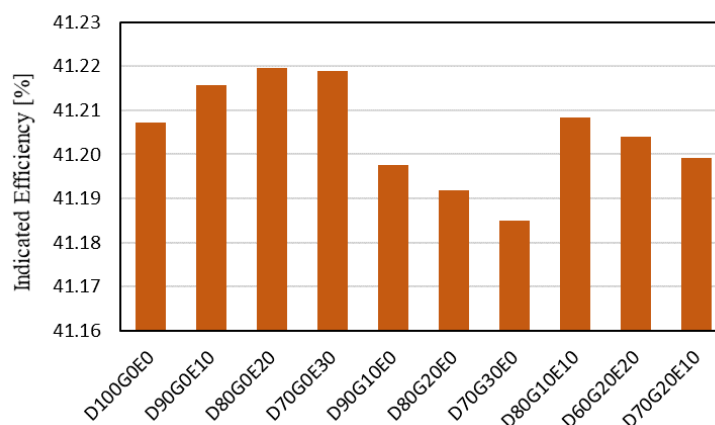


Figure 20. Indicated efficiency for different fuel blends.

## CONCLUSION

The effect of diesel-gasoline-ethanol fuel blends on engine performance has been investigated. Studies have shown that the addition of gasoline to diesel fuel increases the brake power and brake torque, thus decreasing the BSFC value. The addition of ethanol reduces engine performance, because of lower LHV of ethanol. The indicated efficiency enhancement was observed with the usage of ethanol. Accordingly, ethanol is promising; if a fuel mixture proportion is formed according to LHV. Gasoline addition, also, ensures miscibility. It is thought that high engine performance and low emission value will be obtained in turbocharged CI engine fueled with diesel-gasoline-ethanol.

## REFERENCES

- Belgiorno, G., Di Blasio, G., Shamun, S., Beatrice, C., Tunestål, P., & Tunér, M. (2018). Performance and emissions of diesel-gasoline-ethanol blends in a light duty compression ignition engine. *Fuel*, 217(December 2017), 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.12.090>
- Chaudhari, V. D., & Deshmukh, D. (2020). Diesel and diesel-gasoline fuelled premixed low temperature combustion (LTC) engine mode for clean combustion. *Fuel*, 266(December 2019), 116982. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116982>
- Gerdes, K. R., & Suppes, G. J. (2001). Miscibility of ethanol in diesel fuels. *Industrial and Engineering Chemistry Research*. <https://doi.org/10.1021/ie000566w>
- Li, S., Liu, J., Wang, F., Wang, J., Wei, M., & Yang, S. (2019). Experimental study on combustion and emission characteristics of a diesel engine fueled with diesel-gasoline-iso-butanol blends. *Fuel*, 255(June), 115761. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115761>
- Liu, H., Hu, B., & Jin, C. (2016). Effects of different alcohols additives on solubility of hydrous ethanol/diesel fuel blends. *Fuel*. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.07.037>
- Pei, Y., Pal, P., Zhang, Y., Traver, M., Cleary, D., Futterer, C., ... Som, S. (2019). CFD-Guided Combustion System Optimization of a Gasoline Range Fuel in a Heavy-Duty Compression Ignition Engine Using Automatic Piston Geometry Generation and a Supercomputer. *SAE Technical Papers*, (January). <https://doi.org/10.4271/2019-01-0001>
- Saravanan, P., Kumar, N. M., Ettappan, M., Dhanagopal, R., & Vishnupriyan, J. (2020). Effect of exhaust gas re-circulation on performance, emission and combustion characteristics of ethanol-fueled diesel engine. *Case Studies in Thermal Engineering*, 20(April), 100643. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100643>
- Sener, R., Yangaz, M. U., & Gul, M. Z. (2020). Effects of injection strategy and combustion chamber modification on a single-cylinder diesel engine. *Fuel*. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117122>
- Suiuyay, C., Laloon, K., Katekaew, S., Senawong, K., Noisuwan, P., & Sudajan, S. (2020). Effect of gasoline-like fuel obtained from hard-resin of Yang (*Dipterocarpus alatus*) on single cylinder gasoline engine performance and exhaust emissions. *Renewable Energy*, 153, 634–645. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.036>
- Yilmaz, N., & Atmanli, A. (2017). Experimental assessment of a diesel engine fueled with diesel-biodiesel-1-pentanol blends. *Fuel*, 191, 190–197. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.11.065>



## Analysis of mycotoxins in foods using data from the rapid alert system for food and feed (RASFF)

Özgür Gölge<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5020-339X>), Bülent Kabak<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7816-6308>)

<sup>1\*</sup>Alanya Alaaddin Keykubat University, Faculty of Tourism, Department of Gastronomy and Culinary Arts, Alanya, Antalya, Turkey.

<sup>2</sup>Hitit University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Corum, Turkey.

\* Corresponding author e-mail: [ozgur.golge@alanya.edu.tr](mailto:ozgur.golge@alanya.edu.tr)

### Abstract

Mycotoxins are toxic secondary metabolites produced primarily by *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Alternaria* and *Claviceps* spp., and have been linked to long-term chronic effects on human health, including the induction of cancers. Among the known mycotoxins, aflatoxins (AFs), ochratoxin A (OTA), deoxynivalenol (DON), T-2/HT-2 toxins and fumonisins (FUM) occur most frequently in food and feed and pose significant threat to human health. Many countries and international organisations have regulated maximum levels (MLs) for mycotoxins in various food products. The Rapid Alert System for food and feed (RASFF) has been established in 1979 to assure a high level of food safety in Europe, while the legal basis of RASFF is Regulation (EC) No. 178/2002. The system covers many different types of hazards such as adulterants/fraud, food additives and flavourings, genetically modified food or feed, industrial contaminants, metals, mycotoxins, parasitic infestation, pathogenic microorganisms, pesticide residues etc. Mycotoxins are represented the most often notified hazard in the RASFF system between the years 2002 and 2018. In this paper, we analysed RASFF notifications on food products contaminated with mycotoxins.

**Keywords:** Mycotoxins, RASFF, food safety

### INTRODUCTION

Mycotoxins are highly toxic secondary metabolites produced by several fungal species (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Claviceps* spp.). While the contamination of food and feed materials with mycotoxin is a worldwide problem, it occurs mainly in the area with climates of high humidity and temperature. Although *Aspergillus* and *Penicillium* species generally grow on foods and feeds during storage, *Fusarium* species frequently infect growing crops such as wheat, barley and maize in the field and multiply in the plant (Alshannaq and Yu, 2017). Up until now, over 300 mycotoxins have been identified, however only a few of them (aflatoxins (AFs), ochratoxin A (OTA), deoxynivalenol (DON), T-2/HT-2 toxin, fumonisins (FUM), zearalenone (ZEA) and patulin (PAT)) are naturally found in foods and feeds (Pereira et al., 2014).

AFs are known as the most important fungal metabolites, produced primarily by *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*. AFs can be synthesized both in pre-harvest and post-harvest stages (Adeyeye, 2020). The International Agency for Research on Cancer (IARC) categorized aflatoxin B<sub>1</sub> and naturally occurring AFs as a “group 1 (human carcinogen)” (IARC, 1993). Thus, scientists, study about risk assessment reported that even very low quantity of exposure to AFs, e.g. 1 ng/kg body weight (b.w.) per day still contribute to the risk of liver cancer. Moreover, AFs have been reported to have teratogenic, mutagenic and immunotoxic properties (Eaton and Gallagher, 1994).

OTA, second common mycotoxin in nature, is produced by *Penicillium verrucosum*, *Aspergillus ochraceus* and *Aspergillus carbonarius*. It is usually synthesized during plant growing and/or in storage and known to be immunotoxic, nephrotoxic, hepatotoxic, teratogen and carcinogenic effects in animals (Ryu et al., 2019). In addition, OTA has been classified as a “possible human carcinogen (Group 2B)” by IARC (IARC, 1993). Although, this mycotoxin is naturally found in cereals, beer, wine, cocoa, coffee, dried fruit and spices (*Capsicums*, black pepper etc.), three major sources of OTA are cereals/cereal products, wine and coffee in European countries.

Even though FUM are produced mainly by *Fusarium verticillioides* and *Fusarium proliferatum*, more than ten species of *Fusarium* (for example, *F. napiforme*, *F. oxysporum*, *F. dlamini*, *F. nygamai* and *F. anthophilum*) are known to produce these mycotoxins. Among the four groups of FUM (A-, B-, C-, and P-type), B-type FUM, such as fumonisin B<sub>1</sub> (FB<sub>1</sub>), fumonisin B<sub>2</sub> (FB<sub>2</sub>), fumonisin B<sub>3</sub> (FB<sub>3</sub>) and fumonisin B<sub>4</sub> (FB<sub>4</sub>) are the most prominent FUM (EFSA, 2018). FB<sub>1</sub>, which is the most common type of FUM, infects mainly maize and

maize-based products in warm countries in the world (Chen et al., 2018). It has been placed in “Group 2B”, possibly carcinogenic to humans by IARC (IARC, 2002).

DON (also known as vomitoxin) is produced primarily by *Fusarium graminearum* and *F. culmorum*. It causes *Fusarium* Head Blight (FHB) disease in wheat and is most frequent and potent contaminant of oat, barley, wheat and maize grains. DON has been associated with acute gastrointestinal symptoms such as vomiting both in humans and animals. It has been also reported to be teratogenic, cytotoxic, genotoxic and immunotoxic to various animal species. However, DON has been classified in “Group 3”, not classifiable as carcinogenic to humans (Pascari et al., 2019).

ZEA is an oestrogenic agent, produced by some *Fusarium* species (*Fusarium graminearum*, *F. culmorum*, *F. crookwellense*, *F. semitectum* and *F. equiseti*). ZEA is one of the most common contaminant in grains especially in maize and cereal products that has serious threat to food safety (Rai et al. 2020). Because of high contamination of ZEA in cereal based foods, children and vegetarian population were found to be at high risk of prospective exposure through contaminated food by European Food Safety Authority (EFSA) (EFSA, 2011).

PAT is formed in fruit products, especially in apples and apple-based products. While it is produced by many different fungal species, including *Penicillium expansum*, *Penicillium crustosum*, *Penicillium patulum* and *Aspergillus clavatus*, *P. expansum* is the most common PAT-producing fungus. PAT-intoxication leads to convulsions, agitation, ulceration, oedema, intestinal inflammation, vomiting and induces DNA damage in the brain, liver and kidneys (Vidal et al., 2019). However, IARC classified PAT in category “Group 3”, not classifiable as a carcinogen to humans, based on a lack of toxicological human data (IARC, 2002).

The European Union (EU) has one of the highest food safety standards all over the world. The Rapid Alert System for Food and Feed (RASFF) was established in 1979 by EU member states. The legal basis of the RASFF is Regulation (EC) No 178/2002 (European Commission, 2002). This Regulation represents the legal basis of RASFF which is made from a notifications system on risk that concerns the food and feed which are traded in the member states (notifying countries). RASFF is a network, involving the Member States, the European Commission and the EFSA. Also, Switzerland and the EEA countries (Norway, Liechtenstein and Iceland) are longstanding members of the RASFF (Stancu, 2012).

It gives public access to summary information about the most recently transmitted RASFF notifications as well as the ability to search for information on any notification issued in the past. The RASFF annual reports and the weekly overviews of RASFF notifications are available through the RASFF portal. Since June 2014, The RASFF consumers’ portal has provided the latest information on food recalls and public health warnings in all EU countries (RASFF, 2019).

This paper was aimed to analyse the RASFF notifications by country of origin, product category and notification type with regard to mycotoxins between the years 2002 and 2018.

### **RASFF DATA ON MYCOTOXINS IN FOODS AND FEEDS DURING 2002–2018**

The RASFF notifications on mycotoxins have been provided from RASFF portal ([https://ec.europa.eu/food/safety/rasff/portal\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/rasff/portal_en)). Data from January 2002 to December 2018 have been selected for the analysis.

Table 1 shows the distribution of RASFF notifications on mycotoxins by notification type. From January 2002 to December 2018, a total of 11 088 notifications on mycotoxins were transmitted through the RASFF, of which 5 184 were classified as border rejection (46.8%) and 4 443 as information (40.1%).

The distribution of notifications on mycotoxins by product category is summarized in Table 2. As can be seen in Table 2, mycotoxin frequency in the product category “nuts, nut products and seeds” is most common (70.8%), followed by “fruits and vegetables” with the ratio of 11.8%. Among the agricultural products, nuts such as peanut, hazelnut, pistachio and almond, and their products are commodities with moderate to high risk of mycotoxins, especially for AFs. It has been reported that not only storage period but also growing conditions in the field is important for mycotoxin formation.

**Table 1.** Distribution of RASFF notifications on mycotoxins by notification type

Notification type	Number of notifications						% notification type
	AFs	OTA	FUM	DON	ZEA	PAT	
Alert	708	230	73	48	10	8	9.5
Border rejection	4 994	200	4	8	4	–	46.8
Information	4 279	153	12	2	1	11	40.1
Information for attention	289	77	4	11	4	1	3.3
Information for follow-up	25	4	2	2	2	1	0.3

**Table 2.** Distribution of RASFF notifications on mycotoxins by product category

Product category	Number of notifications							% product type
	AFs	OTA	FUM	DON	ZEA	PAT	Total	
Nuts, nut products and seeds	7 871	38	–	–	1	–	7 910	70.8
Fruits and vegetables	1 016	293	–	–	1	4	1 314	11.8
Herbs and spices	672	152	–	–	–	–	824	7.4
Cereals and bakery products	199	92	91	65	13	–	460	4.2
Cocoa/cocoa preparations, coffee and tea	–	69	–	–	–	–	69	0.6
Food supplements	–	–	–	–	–	4	4	0.04
Non-alcoholic beverages	–	–	–	–	–	12	12	0.11
Other food products	83	19	4	5	–	1	112	1.0
Feed materials	454	1	0	1	6	0	462	4.1

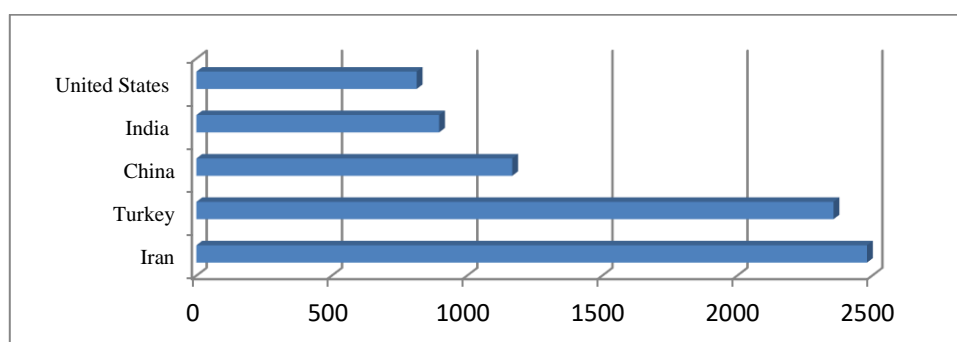
The distribution of RASFF notifications on mycotoxins by country of origin is shown in Table 3. Out of 11 088 notifications on mycotoxins, 2 484 notifications (22.4%) concerned products from Iran, mainly because of high levels of AFs in pistachio. There were 2 350 notifications (21.2%) on mycotoxins in products originating from Turkey, followed by China with 1 162 notifications (10.5%), India with 880 notifications (7.9%) and United States with 814 notifications (7.3%) (Figure 1).

**Table 3.** Distribution of RASFF notifications on mycotoxins by country of origin

Country	Number of notifications							% notifications
	AFs	OTA	FUM	DON	ZEA	PAT	Total	
Afghanistan	12	24	–	–	–	–	36	0.34
Algeria	3	–	–	–	–	–	3	0.03
Argentina	531	–	5	–	–	–	536	5.02
Australia	32	2	–	–	–	–	34	0.32
Austria	6	6	1	–	–	–	13	0.12
Azerbaijan	62	–	–	–	–	–	62	0.58
Bangladesh	16	1	–	–	–	–	17	0.16
Belgium	18	6	–	6	2	2	34	0.32
Belize	4	–	–	–	–	–	4	0.04
Benin	2	–	–	–	–	–	2	0.02
Bolivia	49	–	–	–	–	–	49	0.46
Brazil	327	6	–	–	–	–	333	3.12
Bulgaria	7	1	–	–	–	–	8	0.07
Burkina Faso	3	–	–	–	–	–	3	0.03
Canada	2	4	–	–	–	1	7	0.07
Chile	4	1	–	–	–	2	7	0.07
China	1 136	25	–	3	1	–	1 165	10.5

Colombia	5	–	–	–	–	–	5	0.05
Costa Rica	1	1	–	–	–	–	2	0.02
Côte d'Ivoire	7	15	–	–	–	–	22	0.21
Croatia	3	1	–	1	–	–	5	0.05
Cyprus	1	1	–	–	–	–	2	0.02
Czech Republic	4	11	–	5	1	–	21	0.20
Denmark	3	7	–	2	–	–	12	0.11
Ecuador	2	3	–	–	–	–	5	0.05
Egypt	326	1	1	–	–	–	328	3.07
Eritrea	1	–	–	–	–	–	1	0.01
Ethiopia	32	11	–	–	–	–	43	0.40
France	20	3	2	5	4	–	34	0.32
Gambia	40	–	–	–	–	–	40	0.37
Germany	66	15	2	2	2	1	88	0.82
Ghana	135	2	–	–	–	–	137	1.28
Greece	23	7	–	–	–	–	30	0.28
Grenada	1	–	–	–	–	–	1	0.01
Guinea	2	–	–	–	–	–	2	0.02
Hong Kong	2	–	–	–	–	–	2	0.02
Hungary	12	2	2	8	1	1	26	0.23
India	850	41	–	–	–	–	891	7.94
Indonesia	80	7	–	–	–	–	87	0.82
Iran	2 458	23	–	–	4	4	2 489	22.4
Israel	28	2	–	–	–	–	30	0.28
Italy	58	6	50	4	2	2	122	1.14
Kuwait	2	1	–	–	–	–	3	0.03
Latvia	–	3	–	–	–	1	4	0.04
Lithuania	–	7	–	–	–	–	7	0.07
Lebanon	34	1	–	–	–	–	35	0.33
Luxembourg	–	–	1	–	–	–	1	0.01
Malaysia	2	–	–	–	–	–	2	0.02
Malawi	11	–	–	–	–	–	11	0.10
Mali	6	–	–	–	–	–	6	0.06
Morocco	4	–	–	–	–	–	4	0.04
Mozambique	5	–	–	–	–	–	5	0.05
Netherlands	76	19	5	1	–	1	102	0.97
Nicaragua	11	–	–	–	–	–	11	0.10
Nigeria	128	–	1	–	–	–	129	1.21
Norway	1	–	–	–	–	–	1	0.01
Pakistan	57	7	–	–	–	–	64	0.60
Peru	5	30	4	–	–	–	39	0.37
Philippines	27	–	–	–	–	–	27	0.25
Poland	10	11	1	17	–	–	39	0.37
Portugal	2	1	3	1	–	–	7	0.07
Rep.North Macedonia	1	–	–	–	–	–	1	0.01
Rwanda	2	–	–	–	–	–	2	0.02

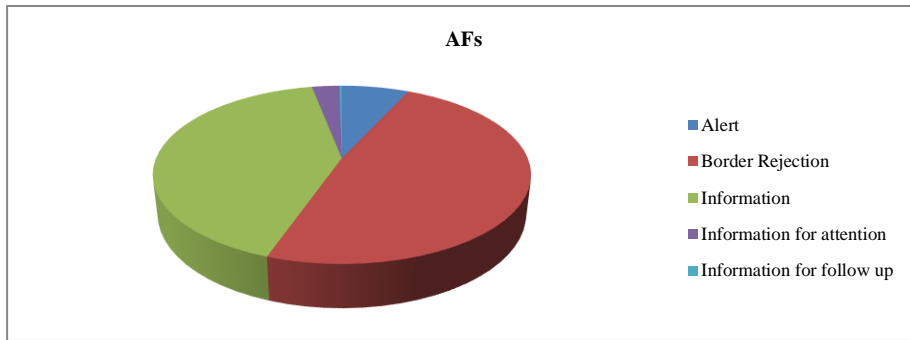
San Marino	1	–	–	–	–	–	1	0.01
Saudi Arabia	1	–	–	–	–	–	1	0.01
Senegal	18	–	–	–	–	–	18	0.17
Serbia	1	3	3	4	2	–	13	0.12
Sierra Leone	13	–	–	–	–	–	13	0.12
Singapore	2	–	–	–	–	–	2	0.02
Slovakia	4	5	–	1	–	–	10	0.09
Slovenia	1	2	–	–	–	1	4	0.04
South Africa	11	2	–	–	–	–	13	0.12
Spain	58	37	–	–	–	2	97	0.84
Sweden	4	1	–	4	–	–	9	0.08
Switzerland	–	–	–	–	1	–	1	0.01
Thailand	6	4	–	–	–	–	10	0.09
<b>Turkey</b>	<b>2 180</b>	<b>175</b>	<b>4</b>	–	–	<b>2</b>	<b>2 350</b>	<b>21.2</b>
Uganda	5	4	–	–	–	–	9	0.08
Ukraine	–	–	–	–	4	–	4	0.04
United Arab Emirates	7	2	–	–	–	–	9	0.08
United Kingdom	28	15	–	–	–	–	43	0.40
United States	790	23	1	3	2	–	814	7.34
Zambia	4	–	–	–	–	–	4	0.04
Zimbabwe	4	–	–	–	–	–	4	0.04



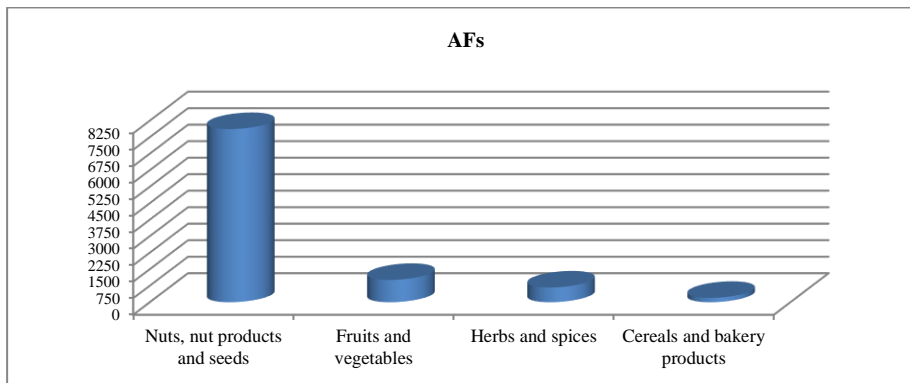
**Figure 1.** Top five countries receiving the most RASFF notifications on mycotoxins

## AFs

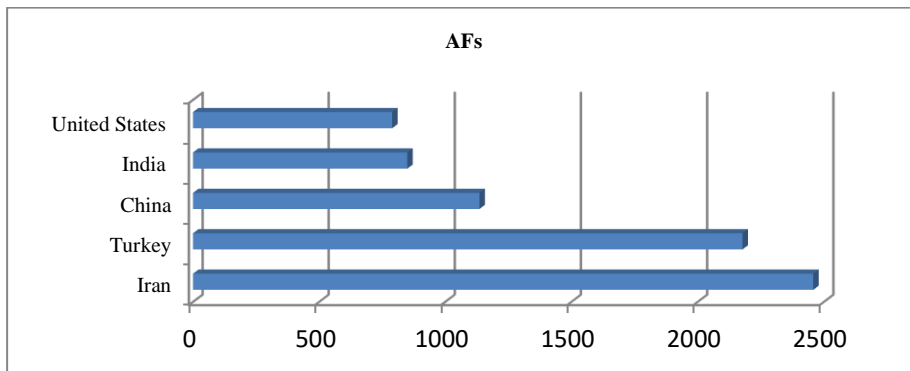
As can be seen in Table 1, the most notified type of mycotoxin is AFs, which accounts for 92% of notifications on mycotoxins during the period 2002–2018. Out of 10 295 notifications on AFs, 4 994 (48.5%) were recorded as border rejection and 4 279 (41.6%) as information (Figure 2). Most of the notifications on AFs (76.5%) concerned the food category of “nuts, nut products and seeds”, followed by “fruits and vegetables” (9.9%) and “herbs and spices” (6.5%) (Figure 3). Within the product category of “nuts, nut products and seeds”, peanuts, hazelnuts and pistachios are the most frequently issues with the high incidence of AFs contamination. Iran (2 458 notifications), Turkey (2 180 notifications), China (1 136 notifications), India (850 notifications) and United States (790 notifications) are top five countries receiving the most RASFF notifications on AFs (Figure 4).



**Figure 2.** Distribution of RASFF notifications on AFs by notification type



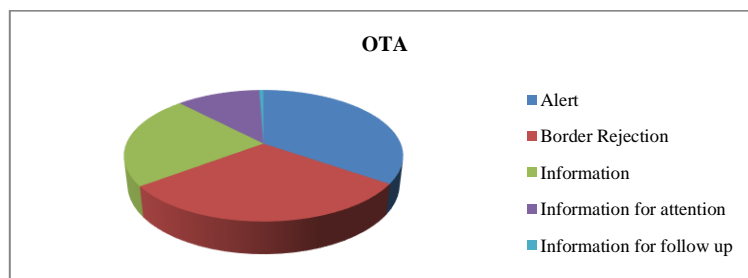
**Figure 3.** Distribution of RASFF notifications of AFs by product category



**Figure 4.** Top five countries receiving the most RASFF notifications on AFs

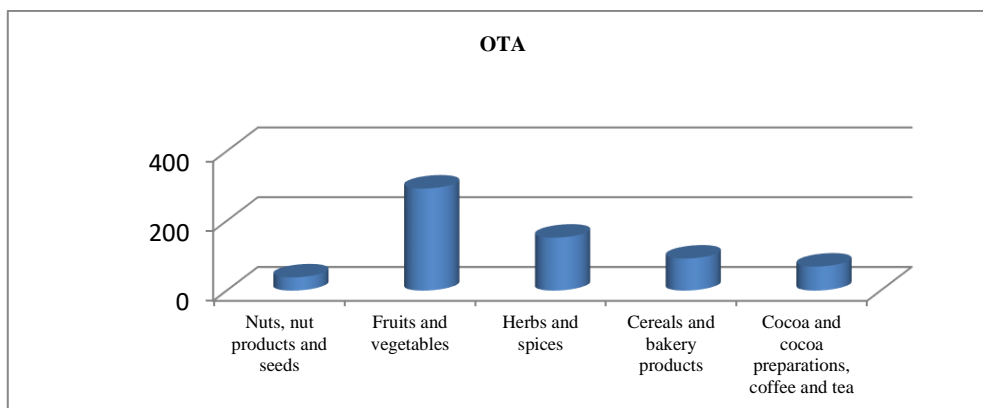
### OTA

OTA was the second most recurrent issue with a total of 664 notifications, which is 6% of total notifications on mycotoxins. In contrast to AFs, the most notified type of notification on OTA was “alert” (230 notifications), followed by “border rejection” (200 notifications) and “information” (153 notifications) (Figure 5).



**Figure 5.** Distribution of RASFF notifications on OTA by notification type

The distribution of RASFF notifications on OTA by product category is illustrated in Figure 6. The most of notifications associated with OTA concerned “fruit and vegetables” (mainly for sultana/dried raisin) (293 notifications, 44.1%) and “herbs and spices” (chilli powder/paprika) (152 notifications, 22.9%).



**Figure 6.** Distribution of RASFF notifications on OTA by product category

Turkey (175 notifications), India (41 notifications), Spain (37 notifications), Peru (30 notifications) and China (25 notifications) are top five countries receiving the most RASFF notifications on OTA. As Turkey is the largest producer and exporter of raisins, most of these notifications on OTA concerned dried raisin originating from Turkey.

#### **FUM**

During the period January 2002–December 2018, there were 95 notifications on unacceptable levels of FUM in cereals and bakery products, of which 76.8% were notified as alert. As Italy is one of main exporter of maize flour/meal to EU, 52.6% of total notifications were originating from Italy.

#### **DON**

There were 71 notifications in the RASFF system with regard to DON in cereals and bakery products, of which 48 (67.6%) were classified as alert. Most of these notifications on DON were originating from Poland (17 notifications), Hungary (8 notifications) and Belgium (6 notifications).

#### **ZEA**

When compared to DON, there were received less notifications on ZEA (21 notifications). While alert notifications (10) was the most common type, there were 4 notifications as border rejection and 7 notifications as other information notifications. Most of these notifications concerned maize-based products.

#### **PAT**

There were received 21 notifications on PAT mainly in apple-based products, of which 11 were classified as information and 8 as alert.

#### **CONCLUSION**

It can be seen that most of the notifications on mycotoxins concerned with AFs. Within the product category, “nuts, nut product and seeds” was the most common receiving notifications. AFs contamination is the most important chemical hazards in agricultural products cultivated in Turkey. Since being the main exporter of hazelnuts, dried figs and pistachios, which are more susceptible foods against AFs contamination, Turkey is the top second country receiving RASFF notifications on AFs. Due to the fact that climate influences the occurrence of AFs in agricultural commodities, the food products should be routinely controlled in order to reduce the exposure of consumers. The preventive actions both in pre-harvest and post-harvest stages, including modern farming techniques, improving storage conditions, increasing official control and laboratory analysis could result in decreasing the notification numbers and exposure to AFs.

## REFERENCES

- Alshannaq, A., Yu J.H., 2017. Occurrence, toxicity and analysis of major mycotoxins in food. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14: 632.
- Adeyeye, S.A.O., 2020. Aflatoxigenic fungi and mycotoxins in food: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60: 709–721.
- Chen, C., Mitchella, N.J., Gratz, J., Houpt, E.R., Gong, Y., Egner, P.A., Groopman, J.D., Riley, R.T., Showker, J.L., Svensen, E., Mduma, E.R., Patil, C.L., Wu, F., 2018. Exposure to aflatoxin and fumonisin in children at risk for growth impairment in rural Tanzania. *Environment International*, 115: 29–37.
- Eaton, D.L., Gallagher, E.P., 1994. Mechanisms of aflatoxin carcinogenesis. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 34: 135–172.
- EFSA, 2011. Scientific opinion on the risks for public health related to the presence of zearalenone in food. *EFSA Journal*, 9 (2): 2197.
- EFSA, 2018. Scientific opinion on the appropriateness to set a group health-based guidance value for fumonisins and their modified forms. Question No EFSA-Q-2015-00227. *EFSA Journal*, 16: 1–75.
- European Commission, 2002. Regulation (EC) No. 178/2002 of the European parliament and of the council laying down the general principles and requirements of food law, establishing the European Food Safety Authority and laying down procedures in matters of food safety.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 1993. Some naturally occurring substances, food items and constituents, heterocyclic aromatic amines and mycotoxins. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 56: 245–395.
- IARC (International Agency for Research on Cancer), 2002. Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*, 82: 301–366.
- Pascari, X., Marín, S., Ramos, A.J., Molino, F., Sanchis, V., 2019. Deoxynivalenol in cereal-based baby food production process. A review. *Food Control*, 99: 11–20.
- Pereira, V.L., Fernandes, J.O., Cunha, S.C., 2014. Mycotoxins in cereals and related foodstuffs: A review on occurrence and recent methods of analysis. *Trends in Food Science and Technology*, 36: 96–136.
- Rai, A., Das, M., Tripathi, A., 2020. Occurrence and toxicity of a *Fusarium* mycotoxin, zearalenone: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60: 2710–2729.
- RASFF, 2019. Rapid Alert System for Food and Feed Portal. Available from: [https://ec.europa.eu/food/safety/rasff/portal\\_en](https://ec.europa.eu/food/safety/rasff/portal_en) [16.09.19]
- Ryu, D., Kowalski, R.J., Ganjyal, G., Lee, H.J., 2019. Reduction of ochratoxin A in oats and rice by twin-screw extrusion processing with baking soda. *Food Control*, 105: 21–28.
- Stancu, A., 2017. Food and feed safety in Romania in the European Union context: current issues. *Economic Insight –Trends and Challenges*, 3: 87–95.
- Vidal, A., Ouhbib, S., Ghalib, R., Hedhilib, A., Saegera, S.D., Boevrea, M.D., 2019. The mycotoxin patulin: An updated short review on occurrence, toxicity and analytical challenges. *Food and Chemical Toxicology*, 129: 249–256.



## Can bus destekli sayısal takograf tasarımı ve gerçektelemesi

Kaan Yaşar (<https://orcid.org/0000-0002-4911-4725>), Onur Mutlu (<https://orcid.org/0000-0001-5638-2448>), Murat Üçüncü\* (<https://orcid.org/0000-0002-2113-1398>)

<sup>1</sup>Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Ankara, Türkiye.

\*Sorumlu yazar e-mail: [murat.ucuncu@yahoo.com.tr](mailto:murat.ucuncu@yahoo.com.tr)

### Özet

Avrupa Birliğinin (EC) 561/2006 sayılı kararı gereği yolcu ve yük taşıyan araçlarda Sayısal Takograf kullanımı zorunlu hale gelmiştir. Ülkemizin de bu düzenlemelere uyması gerektiğinden yayınlanan bir yönetmelik ile yurt içi dolaşımdaki eski araçlardan başlayarak günümüzdeki modele kadar olan araçlarda da Sayısal Takograf Cihazı kullanımına geçilmesi planlanmıştır [1]. Sayısal Takograf cihazı, karayolu araçlarının hareketinin ve sürücülerinin belli çalışma sürelerini göstermek ve kaydetmek için araçlara monte edilen elektronik kayıt cihazıdır. Bu çalışmada, sürücülerin trafik denetimlerinde ayrıntılı olarak kontrol edilebilmeleri için; aracın hızını, aracın kullanım süresini ve sürücünün dinlenme süresini güvenli bir şekilde hafızasında saklayabilen, istenildiğinde cihazın LCD ekranından kullanıcıyı bilgilendirebilen bir sayısal takograf tasarlanmış ve prototip olarak gerçekleştirilmiştir. Endüktif sensör vasıtasıyla DC motora bağlı olarak dönen dişli çarkın ürettiği kare dalga mikrodenetleyici ile işlenmekte, hız ve kat edilen mesafe ölçülmektedir. Sisteme sürücülerin tanımlanması ve her bir sürücünün şifreli olarak sisteme girmesini sağlamak için RFID kartlar kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sayısal Takograf, Endüktif Sensör, RFID kart

### Design and implementation of a digital tachograph device supported by can bus

#### Abstract

Respective to the European Unions (EC) 561/2006 decision, the existence of Digital Tachographs in passenger and freight vehicles has become mandatory. Therefore, by publishing certain regulations, Turkish government has announced that all the vehicles which apply to the category listed above, both old/used and new vehicles must have a Digital Tachograph implanted to their system. A Digital Tachograph is an electronic storage device that is implemented to a vehicle to help track the movement of it while also displaying and storing specific working and resting intervals of the current driver. This study is based on building a prototype which provides the driver a detailed representation of speed, time interval in which the car is being used and the drivers resting period by storing the data in its memory safe and securely while also representing the data to the driver via an LCD monitor upon request. For the measurement of the speed of the vehicle and the distance it has proceeded, an inductive sensor is used to obtain the number of revolutions per minute completed by the gearwheel which is connected to a DC motor. The speed and distance is measured by processing the wave formed by the turning gearwheel through a microcontroller. A password is provided to define the identity of each driver. This process is accomplished through RFID cards.

**Keywords:** Digital Tachograph, Inductive Sensor, RFID cards.

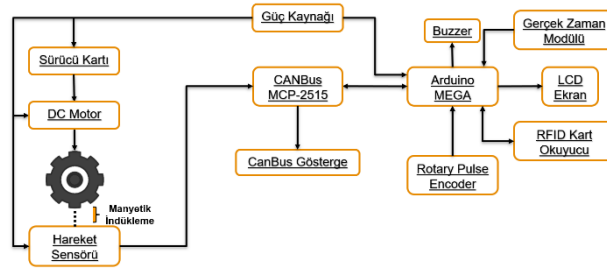
### GİRİŞ

Sayısal takograf karayolu ile yolcu ve eşya taşımacılığı yapan ticari araçlarda kullanılan bir kontrol cihazıdır. Takograf cihazına yazıcı da bağlanabilmektedir. Kullanıcı girişleri için takograf cihazında kart girişleri için iki yuva ile istenilen bilgilerin ekranda görüntülenmesi için bir ekran mevcuttur. Cihaz bir sensör üzerinden vites kutusuna bağlanmaktadır. Araçtaki takograf cihazı sistemin beynidir. Yığın belleğinde sürücülerin sürüş dönemlerini ve görevlerini 12 ay boyunca tutabilme yeteneğine sahiptir. Sayısal takograf akıllı kartlarla çalışır. Sürücüler, şirketler, servisler ve denetim görevlilerinin özel ihtiyaçlarına göre ayrı akıllı kartlara sahiptir. Bu kartlar kullanıcılarına araçtaki takograf cihazındaki bilgilere ulaşma veya kullanma olanağı sağlar. Eski nesil takograflar, manipülasyonlara son derece açık olduğundan trafik kazalarına, can ve mal kayıplarına yol açabiliyordu, fakat üretilen yeni nesil cihazlar ve etkili denetim metotlarının buna son vermesi bekleniyor ve bunların sayesinde hız aşımaları, ortalama hız, çalışma ve dinlenme süreleri gibi verilerin şeffaf bir şekilde izlenebilmesinin sağlanması düşünülmektedir [1]. Takometre cihazlarının temasa dayalı veya temassız ölçüm

yapabilen türleri bulunmaktadır. Temassız ölçüm yapan cihazlarda rotasyon için geçen süreyi hesaplamak için genellikle lazer veya kızılötesi ışın kullanılmaktadır. Bu çalışmada RPM hesabı için temassız ölçüm yapılmasına imkan sağlayan endüktif sensör (Lesikar M072) kullanılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

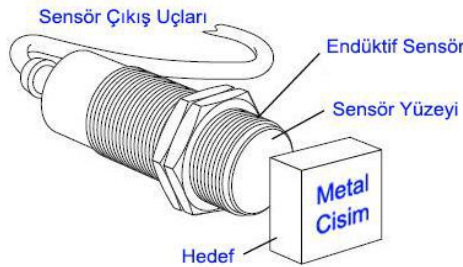
Bu prototip çalışmada, motor sürücü kartına bağlı olan DC motor üzerindeki çarkın dönmesiyle endüktif sensörden (Lesikar M072) alınan veriler Arduino Mega 2560 R3 mikrodenetleyicisi vasıtasıyla işlenmekte, hız ölçümü yapılmakta ve anlık olarak LCD ekranda takip edilmekte, belirlenen hız limiti aşıldığında mikrodenetleyici belleğine (EEPROM) gerçek zamanlı kayıt yapılmakta ve bu kayıtlar kullanıcı tarafından istenildiğinde görüntülenebilmektedir. Mikrodenetleyici ile anlık olarak sensörden gelen verilerin okunması sağlanmaktadır. Bu sayede sürüş bilgilerinin anlık takip edilebilmesi gerçekleştirilmektedir. Geliştirilen prototipin blok diyagramı Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1: Sistem Blok Diyagramı

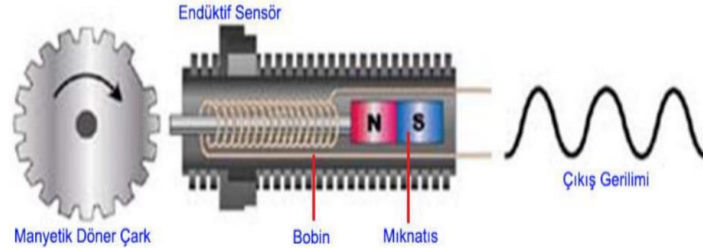
## Bobinli (Endüktif) Manyetik Sensör

Bilindiği üzere, ortamdaki manyetik değişiklikleri algılayarak çıkışında gerilim üreten elemanlar Manyetik Transdüser (**Alan Etkili Transdüser**) olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada; hız verisini algılayabilmek amacıyla doğruluk oranı yüksek **bobinli sensör** (Lesikar M072) kullanılmıştır. Önlerinden geçen metal cisimlerin, mıknatısın manyetik alanını sürekli değiştirmesi sonucu, mıknatısa sarılı halde bulunan bobinli manyetik sensörlerin uçlarında gerilim üretilmektedir. Üretilen bu gerilim sensörün çıkış ucundan AC sinyal olarak elde edilir. Şekil-2’de endüktif bir sensörün iç/dış yapısı gösterilmektedir [2].



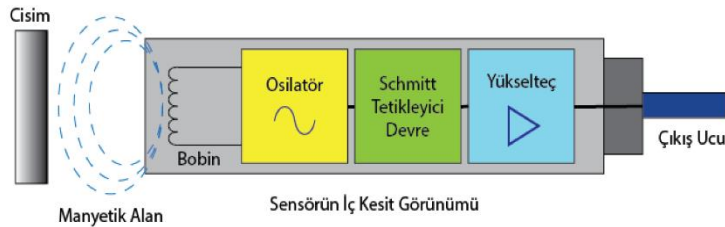
Şekil 2. Endüktif Sensörün İç/Dış Yapısı

Sensörün önünde duran dişli çark DC motor aracılığıyla dönme hareketine başladığında boş ve dolu dişliler her geçişinde sensördeki bobinin manyetik alanı değiştirerek çıkış ucuna değişken bir gerilim vermektedir. Bu çalışmada elde edilen sinusoidal gerilim sinyali Schmitt Tetikleyici devre ile kare dalga sinyale dönüştürülmüş, CMOS düzeyinde çıkış sinyali elde etmek için gerekli işlemler yapılarak sinyal bilgisi mikrodenetleyiciye aktarılmıştır. Şekil 3’de endüktif sensörün Çalışma Prensipleri gösterilmektedir [2].



Şekil 3: Endüktif Sensörün Çalışma Prensibi

Şekil-4’de ise elde edilen sinyalin mikrodenetleyiciye gönderilmeden önce yapılan ara işlemler blok şema ile verilmektedir [2]



Şekil 4: Mikro Denetleyici Giriş Sinyali Üretimi

### RPM Değeri Hesaplanması

Sensörden gelen sinyallerin gerilim bölücünden geçirilerek mikrodenetleyicinin kesme (interrupt) pinine bağlantısı yapılmış, yüksek öncelikli kesme modu seçilip gelen sinyalin her yükselen kenarında kesme fonksiyonuna gidilmesi sağlanmıştır. Böylece 4 dişli metalin bir tam turunda 4 adet kare dalga oluştuğundan bu kesme fonksiyonuna her yükselen kenarın girmesi ile 4 kez kesme fonksiyonundaki işlemler gerçekleştirilmiştir.

Her bir tam turun arasındaki süreyi hesaplamak için Arduino IDE programının kütüphanelerinde bulunan “**millis()**” fonksiyonundan yararlanılmıştır. Bu fonksiyon Arduino devre kartında bulunan mikro denetleyicinin “**timer0**” donanım birimini kullanmakta ve karta enerji verildiği andan itibaren kendi içerisindeki değişkeni her 1 milisaniyede bir arttırmaktadır. Bu fonksiyonun çağrıldığı yerde, Arduino devre kartının çalışmaya başladığı andan fonksiyonun çağrıldığı ana kadar geçen süre **milisaniye** olarak verilmektedir. Böylece Denklem (1) ile **RPM** değeri hesaplanabilmektedir.

$$rpm=60*1000/(millis()-time)*REV/bladesInSegment \quad (1)$$

Denklem (1)’de “**REV**” değişkeni sensörden gelen sinyalin her yükselen kenarında kesme fonksiyonu içerisinde 1 arttırılmaktadır, “**bladesInSegment**” değişkeni ise ölçülen **RPM** değerini ve 4 dişi bulunan metal parçanın dişli sayısını (**4**) tutmaktadır. Bir tam turda 4 dişli parçadan 4 ayrı sinyal geldiğinden **REV** değişkenini 4’e bölerek bir tam tur döndüğü zamanki gerçek değer hesaplanmakta ve “**millis() – time**” kısmı ile de her bir tam tur arasındaki geçen süre milisaniye cinsinden bulunmaktadır. Ayrıca **time** değişkenine her bir tam turdan sonra elde edilen zaman verisi “**millis()**” fonksiyonu ile aktarılmakta ve bir önceki tam turda elde edilen zaman verisi bu değişken içerisinde saklanmaktadır. Böylece her bir tam tur arasındaki zaman verisi doğru bir şekilde hesaplanmaktadır. **RPM**, bir dakikadaki dönüş sayısını belirttiğinden, her bir tam tur arasındaki geçen sürenin milisaniye cinsinden ölçülmesi nedeniyle **1000** değeri bu süreye bölündüğünde her bir tam turdaki geçen süre saniye birimine çevrilmiş olmakta, **60** ile çarpım yapılarak dakikaya çevrim işlemi tamamlanmakta, böylece 1 dakikadaki devir değeri hesaplanmaktadır.

### Hız Değerinin Hesaplanması

RPM’in ölçüldüğü parça dairesel olduğundan açısal hızın hesaplanması için bu parçanın yarı çapının bilinmesi gerekmektedir.” **Dairenin Çevresi = 2 \* π \* r**” ile hesaplanmakta, hızın **km/h** cinsinden hesaplanması **Denklem (2)** ile yapılmaktadır.

$$Speed=rpm*60.0*(2.0*3.14*radius)/1000.0 \quad (2)$$

Denklem (2)'de **RPM, 60** ile çarpılarak 1 saatteki devir değeri hesaplanmaktadır. Dişli çarkın çapı "**radius**" değişkeninde metre cinsinden tutulmaktadır. Denklem (2)'de **1000** ile bölme yapılarak **metre/saat** birimi, **kilometre/saat** birimine çevrilmiştir.

### Mesafe Değerinin Hesaplanması

Bilindiği gibi Mesafe  $X = V.T$  ( X: yol, V: hız, T: zaman ) formülü ile hesaplanmaktadır. Bir önceki paragrafta hız verisinin hesaplanması açıklanmıştır. Zaman verisi için Arduino IDE programında bulunan "**millis()**" fonksiyonu kullanılmıştır. Mesafe hesabı sürücü hareket halindeyken ( $V > 0$ ) yapılmaktadır. Böylece elde edilen yeni mesafe, bir önceki mesafe değerinin üzerine eklenerek, sürücünün hareket etmeye başladığı andan itibaren kat edilen mesafe bulunmaktadır. Bu işlem Denklem (3) ile gerçekleştirilmektedir.

$$\text{Distance} = (\text{float})\text{Speed} * (\text{millis}() - T) / 3600000 \quad (3)$$

Burada (**float**) ön eki ile hız verisi, değişkenlerin standart veri tipi olan **integer** veri tipinden **float** veri tipine dönüştürülmektedir. Bunun amacı mesafe bilgisinin ondalık sayı cinsinden hesaplanarak hassasiyeti daha yüksek veri elde edilmesidir. "**millis() - T**" ile her bir mesafe verisinin hesaplanması arasındaki geçen süre hesaplanmıştır. Buradaki **T** değeri, bir önceki hesaplanan zaman farkını tutmaktadır. Hız, **kilometre/saat** olarak bulunduğu için, buna bağlı olarak mesafe de kilometre cinsinden LCD ekrana yazdırılmak istendiğinde hesaplanan mesafe farkının milisaniye biriminden saat birimine çevrilmesi gerekmektedir. "**Hız: Kilometre/Saat**", "**Zaman: Saat**" olarak alındığında iki değer çarpımı kilometre olmaktadır. Bu nedenle hesaplanan zaman farkı **3600000**'e bölünerek **milisaniye** birimi **saat** birimine çevrilmiştir.

### Çalışma Dinlenme Sürelerinin Hesaplanması

Sistemde, hız ölçümü menüsüne girildiğinde **millis()** fonksiyonu ile sistemin çalışmaya başladığı andan bu fonksiyonun çağrıldığı ana kadar geçen sürenin milisaniye cinsinden değeri elde edilmekte ve bu değer "**StopTime**" isimindeki değişkenin içerisine kaydedilmektedir. Ardından DC motor dişli çarkı döndürmeye başladığında ve ölçülen hız değeri 0'dan farklı bir değer olduğunda tekrardan **millis()** fonksiyonu ile bu fonksiyonun çağrıldığı ana kadar geçen sürenin değeri **milisaniye** cinsinden elde edilmektedir. Bu değer "**StartTime**" isimindeki değişkenin içerisine kaydedilmektedir. Elde edilen bu değerler ile dinlenme sürelerinin hesaplanması **Denklem (4)** ve **Denklem (5)** ile sağlanmaktadır.

$$\text{Saniye} = (\text{StartTime} - \text{StopTime}) / 1000 \quad (4)$$

Burada **StartTime** ile **StopTime** arasındaki değer farkı alınarak 1000'e bölünmüştür. Böylece sistemin hız yapmadan beklediği süre saniye cinsinden hesaplanıp **saniye** isimli değişkenin içerisine aktarılmıştır.

Çalışma süresinin hesaplanmasında ise her hız değeri yenilendiğinde ("**CalculateSpeed()**") isimli fonksiyon içerisinde "**StartTime**" isimli değişkenin içerisine **millis()** fonksiyonu ile aradaki geçen sürenin **milisaniye** cinsinden değeri aktarılmaktadır. Ardından DC motor dişli çarkı durdurduğu anda tekrardan arada geçen sürenin milisaniye cinsinden değeri **millis()** fonksiyonu ile "**StopTime**" isimli değişkenin içerisine aktarılmaktadır. Elde edilen bu değerler ile çalışma süresinin hesaplanması **Denklem (5)** ile verilmektedir.

$$\text{Saniye} = (\text{StopTime} - \text{StartTime}) / 1000 \quad (5)$$

### Mikro Denetleyici

Kullanımının kolay olması, açık kaynak kodlu yazılım ve donanıma sahip bir mikrodenetleyici olması nedeniyle prototipleme platformu olarak Arduino MEGA 2560 R3 seçilmiştir. Bu çalışmada Arduino Mega seçilmesinin temel nedenleri olarak; USB üzerinden kolaylıkla programlanabilir olması, Arduino IDE programına rahatlıkla kütüphane eklenebilmesi, Grafik LCD kullanımından ötürü Arduino'nun pin girişleri sayısının yetersiz olması, dijital ve analog sinyalleri rahatlıkla işleyebilmesi, zengin donanım ve yazılım desteği olarak sıralanabilir. Arduino Mega kullanılarak, endüktif sensörden gelen dijital sinyal, Arduino IDE'de geliştirilen yazılımlar ile bir önceki bölümdeki teorik alt yapı kullanılarak hız, mesafe ve RPM ölçümleri yapılmaktadır.

Arduino Mega R3 Donanım Teknik Özellikleri Tablo.1’de verilmektedir.

**Tablo 1.** Arduino Mega R3 Teknik Özellikleri

Çalışma Gerilimi	5V DC
Giriş Gerilimi-Önerilen	7-12 V
Giriş Gerilimi (limit)	6-20 V
Dijital I/O Pinleri	54 (15 PWM çıkışı)
Analog Giriş Pinleri	16
İşlem Saat Frekansı	16 MHz
Flash Bellek	258 Kb
SRam	8 Kb
EEProm	4 Kb
Her I/O için Akım	40 mA
3.3 V pin için Akım	50 mA

### LCD Ekran

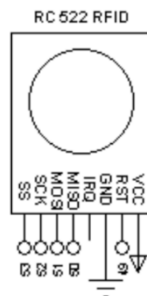
Bu çalışmada, çözünürlüğü yüksek (128x64) bir grafik LCD ekran kullanılmıştır. Kullanıcının anlık hız takibini, hız aşımalarının hangi saatlerde ve ne kadar zaman boyunca hız aşımı yapıldığı gibi bir çok verinin rahatlıkla takip edebilmesi için bu grafik LCD seçilmiştir. Grafik Ekran Teknik özellikleri Tablo 2.’de verilmektedir.

**Tablo 2.** LCD Ekran Teknik Özellikleri

Çözünürlük	128x64
Besleme Gerilimi	5V
Max Çalışma Akımı	240 mA
Dijital I/O Pin Adedi	20 ,
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-10°C – 60°C

### RFID Okuyucu

Bu çalışmada , RFID kart okuyucu, her bir kullanıcıya ait RFID kart ile sisteme giriş olanağının sağlanabilmesi için kullanılmıştır. Her karta ait ID numaraları Arduino IDE yazılımı üzerinden elde edilerek toplamda 4 kullanıcının (1 admin, 3 sürücü) kayıtları yapılmıştır. Kullanılan RFID kart okuyucu Giriş Çıkış kapıları Şekil-5’de gösterilmektedir.

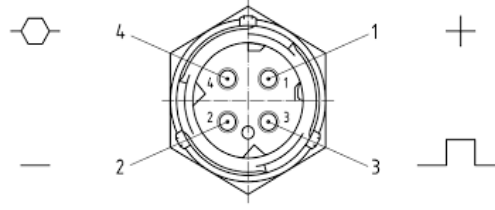


**Şekil 5 :** RFID Kart Okuyucu ve G/Ç Portları

### Rotary Pulse Encoder

Bu çalışmada bağlantı şeması Şekil-6’da gösterilen mutlak tipteki rotary pulse encoder kullanılmıştır. Bunun seçilmesinin sebebi mutlak encoderda mil konumuna ilişkin tek bir sayısal (lojik 1/0) üretilmektedir. Milin her

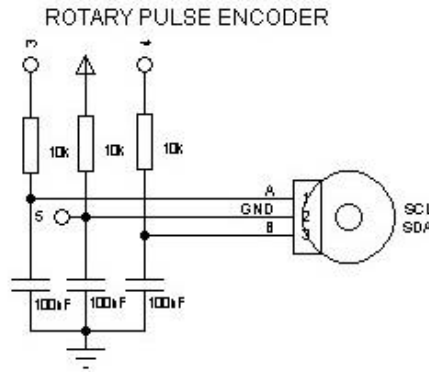
bir konumunun sayısal deseni bulunmaktadır. İkilik düzendeki bu sayısal desendeki bit sayısı da çözünürlüğü vermektedir. Arduino, bu encoderin çıkışına verdiği dijital sinyali işlemektedir. Yazılan yazılım ile kullanıcının rahatlıkla LCD ekranda gözüken menü kontrolünü, seklemeler arası geçişi ve geçmiş hız aşım kayıtları arasında dolaşmasını sağlamaktadır [3] [4].



Şekil 6: Rotary Pulse Encoder Bağlantı Şeması

### Endüktif Sensör

Bu çalışmada ; bağlantı şeması Şekil-7'de verilen Lesikar M072 endüktif sensör seçilmiştir. Bu sensörün seçilmesinin ana nedeni, veri doğruluğu ve çözünürlüğü yüksek kare sinyal çıkışının alınabilmesidir. Bu çıkış değerinin Arduino'nun interrupt (kesme) pinine uygulanabilmesi için gerilim bölücü ile uygun voltaj değerine düşürülmüştür [5].



Şekil 7: Lesikar M072 Endüktif Sensör G/Ç Portları

### Gerilim Bölücü Devre ve Direnç Seçimi

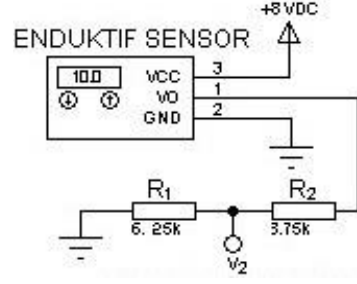
Arduino'nun dijital girişine maksimum lojik 1 'e karşılık gelen 5V değeri uygulanabilmektedir. Buna bağlı olarak direnç seçimi teoride toplam direncin 10kΩ ve çıkışından alınan ideal kare dalganın tepeden tepeye Voltaj değeri olan  $V_{p-p}$  , 8V olarak kabul edilirse sırasıyla Denklem (6), (7) , (8) ve (9) kullanılarak hangi değerlerin seçileceği hesaplanabilir [6]. Gerilim Bölücü Devre Şekil-8'de verilmektedir.

$$V_{cc} = V_{out} = 8V \quad (6)$$

$$V_2 = 5V \quad (7)$$

$$V_{cc} = I_{cc} * R_{toplama} \quad (8)$$

$$V_2 = I_{cc} * R_1 = V_{cc} * (R_1 / (R_1 + R_2)) \quad (9)$$



Şekil 8: Endüktif Sensör ile Gerilim Bölücü Devresinin Bağlantı Şeması

Seçilen Endüktif Sensörün Teknik Özellikleri Tablo-3’de verilmektedir.

Tablo 3. Endüktif Sensör Teknik Özellikleri

Çalışma Voltajı	4.5 V – 30 V (DC)
Çıkış Voltajı	4.5 V – 24 V (DC)
Kaynak Akımı	20 mA (10 mA takograf için)
Çıkış Akımı	10 mA
Çalışma Sıcaklık Aralığı	-40°C – 125°C

### Redüktörlü DC Motor

Redüktörlü ve Redüktörsüz olmak üzere iki ana türde olan DC motorlar, günümüzde robotik projelerinde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Redüktör olarak bilinen dişli sistemi ; yüksek dönüş hızına (2250 RPM) sahip olan DC motoru daha kontrollü ve daha yüksek torklu hale getirebilmektedir. Redüktör sayesinde, metalden yapılmış olan dişli çark rahatlıkla döndürülebilmektedir. Bu sebeple çalışmamızda , metalden üretilmiş dişli çarkın DC motor vasıtasıyla yüksek hızda döndürülebilmesi için Şekil-9’da gösterilen redüktörlü bir DC motor seçilmesi uygun bulunmuştur. [7]



Şekil 9: Redüktörlü 12V DC Motor

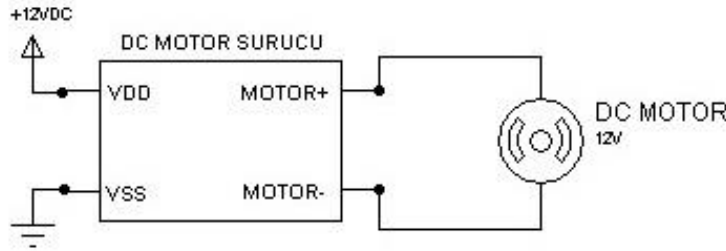
Redüktörlü DC Motorun Teknik Özellikleri Tablo-4’de sıralanmıştır.

Tablo 4. Redüktörlü DC Motorun Teknik Özellikleri

Çalışma Voltajı	12 Volt
Maks. Devir	2250 rpm,
Boşta Çektiği Akım	300 mA,
Zorlanma Akımı	5.6 A
Redüktör Çapı	25 mm,
Mil Uzunluğu	12.5 mm,
Zorlanma Torku	1.7 kg-cm

## DC Motor Sürücü Kartı

DC Motor Sürücü Kartı ( Şekil-10 ) , Arduino'dan bağımsız olarak, güç kaynağına bağlanabilmekte ve bu sayede herhangi bir yazılıma ihtiyaç duyulmaksızın, PWM tekniği ile DC motorun hızının artırılması/azaltması işlemlerini yapabilmektedir. DC Motor çalışma voltajı 12V olup zorlanma akımı 5.6 A olduğundan sürücü kartı bu kıstaslara uyacak şekilde seçilmiştir. [8]

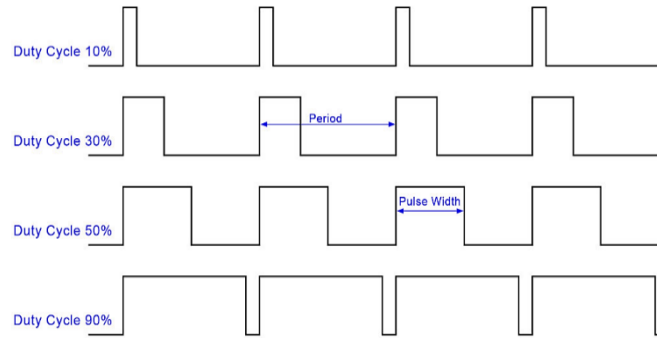


Şekil 10: DC Motor Sürücü Kartı Bağlantı Şeması

## Darbe Genlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation-PWM)

Darbe Genlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation), bir sinyal modülasyon tekniği olarak tanımlanmaktadır. "Duty Cycle" düşük seviyelerde ise aktarılan güç düşük olurken, yüksek seviyelerinde yüksek güç aktarılmaktadır. Bu çalışmada DC motor sürücü kartı, PWM tekniği kullanarak Duty Cycle (Denklem (10)) değerini üzerindeki potansiyometre yardımıyla DC motora giden akım arttırıp/azaltılarak hız ayarlanmaktadır ( Şekil-11 ). [9]

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{Pulse Width} \times 100}{\text{Period}} \quad (10)$$



Şekil 11: Bir kare dalganın Duty Cycle değeri ile oynandığında verdiği tepkiler

PWM ile ilgili teknik özellikler aşağıda verilmektedir.

Tablo 5. PWM Teknik Özellikleri

Çalışma Voltajı	12 – 40V
Çalışma gücü	0.01W – 400W
Maks. Akım	10 A
Boşta Çektiği Akım	20 mA
PWM Duty Cyle	%10 – %100
Ters Gerilim ve Aşırı Akım Koruması	

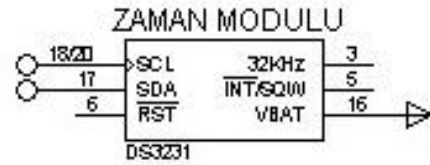


## Güç Kaynağı

Bu çalışmada 12V'luk bir DC güç kaynağı kullanılarak, regülatör ile 12 Volt olan DC güç kaynağı çıkışı 8V'a indirgenerek Arduino ve endüktif sensörün güç gereksinimi sağlanmıştır. Ayrıca gerilim bölücü bir devre ile endüktif sensörden gelen 8V'luk kare dalga formundaki sinyal 5V'a düşürülerek Arduino'nun algılayabileceği güvenli seviyeye indirilmiştir.

## RTC (Gerçek Zaman Modülü)

RTC "Real Time Clock" modülü ile yıl, ay, gün, saat, dakika ve saniye bilgisi anlık veya sürekli olarak okunabilmektedir. Bu çalışmada hız aşımının hangi tarih ve saatlerde yapıldığı bilgisi RTC modülü ile kaydedilmektedir. RTC Modülü Şekil-12 , RTC Modülü Bağlantı Şeması Şekil-13'de verilmektedir.[10]



Şekil 12: Gerçek Zaman Modülü

Şekil 13: RTC Bağlantı Şeması

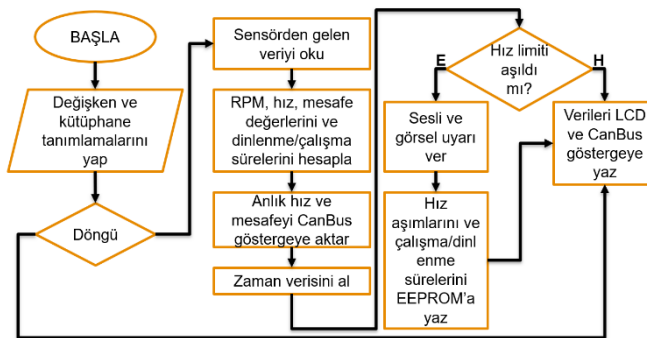
RTC Modülü Teknik özellikleri Tablo-6'da verilmektedir.

**Tablo 6.** RTC Teknik Özellikleri

Çalışma Voltajı	3.3V – 5.5V
Besleme Giriş	5V
Depolama Kapasitesi	32Kb
Dijital I/O Pin Adedi	6
Programlanabilir kare dalga sinyal çıkışı	

## Yazılım Mimari Yapısı

Yazılım Mimarisinde Şekil-14'de gösterilen Akış Diyagramı kullanılmıştır.



Şekil 14: Akış Diyagramı

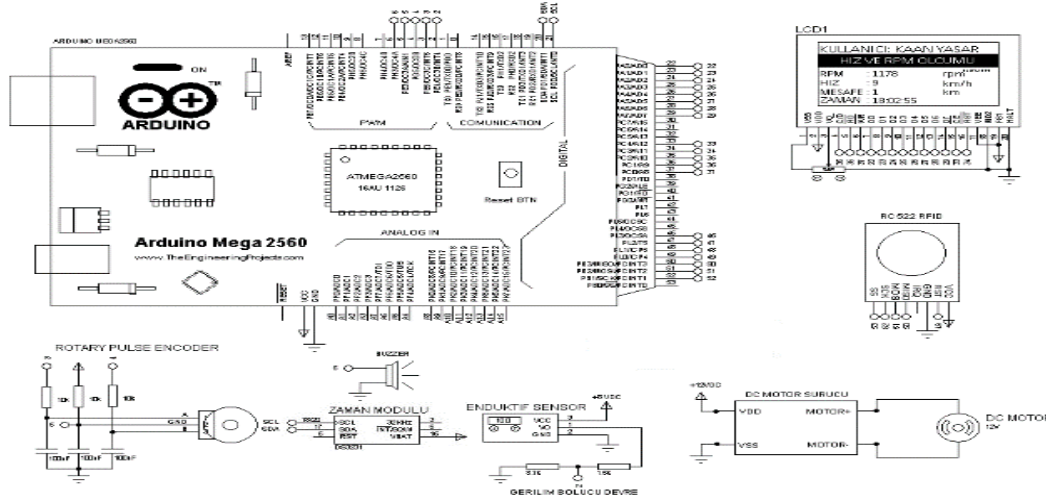
Öncelikle değişken ve kütüphane tanımlamaları yapılmıştır. Arduino IDE programının döngü kısmına, sensörden gelen verinin okunması anlık olarak gerçekleştirilerek, RPM, hız mesafe değerleri ve dinlenme/çalışma süreleri bölüm 2.2'deki formülleri kullanılarak anlık olarak hesaplanmıştır. Zaman verisi, gerçek zaman modülünden elde edilmiştir. Arduino'daki anlık hız verisi kullanıcı tarafından belirlenen hız

limiti doğrultusunda karşılaştırılarak limitin altı ve üstünde olmasına göre bir karar mekanizması geliştirilmiştir. Bu bağlamda ölçülen anlık hız değeri, limitin üstünde ise sesli ve görsel uyarı verilerek aşılın hızın başlangıç ve bitiş süreleri bu süre zarfındaki aracın hızı kullanıcının istediği zaman bir alt menü aracılığıyla LCD ekran üzerinden görüntülenebilmesi için EEPROM'a kaydedilerek sistemin çalışmasına devam edilmesi sağlanmaktadır. Ölçülen anlık hız değeri, limitin altında ise herhangi bir uyarı verilmeden katedilen mesafe ve hız değeri anlık olarak LCD ekrana yazdırılarak kullanıcının takibi sağlanmaktadır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### COM-Port Ekranından Veri Takibinin Yapılması

DeneySEL çalışmalarda öncelikle bilgisayar ortamında benzetim çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada PROTEUS programı kullanılarak yapılan devre benzetimi çalışması Şekil 15.'de gösterilmektedir. Devre testleri dışında yazılım testlerinin yapılması için Arduino devre kartı ile bilgisayar arasında seri haberleşme sağlanarak COM-Port üzerinden gönderilen verilerin bilgisayar ekranında gözlemlenmesi sağlanmıştır.



Şekil 15 : Devre Benzetim Çalışması

### RFID Kartlarının ID Numaralarının Tespit Edilmesi

Kullanıcı girişleri RFID kart okuyucu üzerinden yapılmıştır. 4 kullanıcıya (1 admin, 3 sürücü) ait her bir kartın ID kart numaralarının tespit edilmesi için kod yazılmıştır. Seri-Port ekranı üzerinden ID numaraları elde edilip yazılıma bu numaralar kaydedilmiştir.

### Çalışma-Dinlenme Sürelerinin Seri-Port Ekranından İzlenmesi

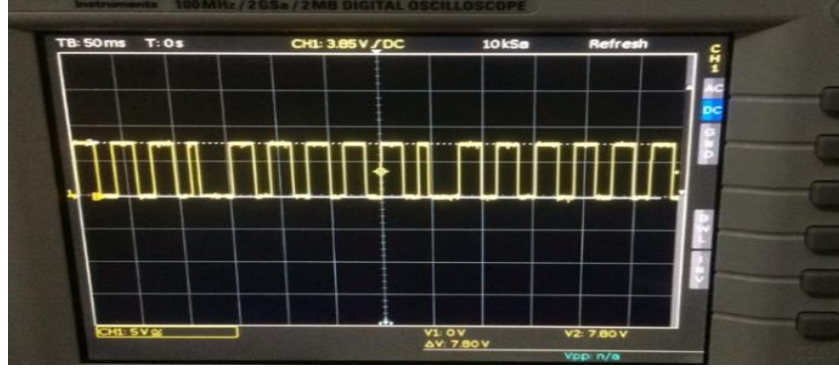
Dışlı çarkın hareket edip, etmediği Arduino yazılımında tespit edilerek, mikrodenetleyici içerisinde yazılımsal olarak çalışma ve dinlenme sürelerinin gözlemlenmesi için bilgisayar ile Arduino arasında seri haberleşme sağlanmış ve PC COM-PORT ekranında bu verilerin takibi gerçekleştirilmiştir.

### DC Motorun Sürülmesi

Bu çalışmada , seçilen DC motorun Arduino uyumlu DC motor sürücü devresi ile sürülmesine karar verilmiştir. Motor hız ayarının yapılabildiği bu devre kartıyla tek yönlü olarak motor sürülebilmiştir. Çalışmada önemli olan bir konu da motorun hız ayarının istenilen şekilde yapılabilmesidir. Bu sayede yasal hız sınırı ve hız aşımaları çalışma kapsamında testlerle de gerçeğe çok yakın olarak sayısal verilerle tespit edilmiştir. Yapılan deneylerde; motorun yüksüz devir sayısı yaklaşık 2250 RPM ve çekilen akım 300 mA seviyelerinde iken, metal çark ilave edildiğinde devir sayısı 1950 -2000 RPM aralığında olmuştur. Devir sayısı olan RPM 'in düşmesinde rol oynayan başlıca etkenler ; üretilen metal çarkın yaklaşık olarak 100 gr bir ağırlığa sahip olması ile potansiyometrenin maksimum seviyeye çekilmesi ile dc motor sürücü kartı devresi çıkış geriliminin 12 V olması beklenirken yapılan ölçümlerde bu değer 11.5 V seviyelerinde olması olarak belirtilebilir.

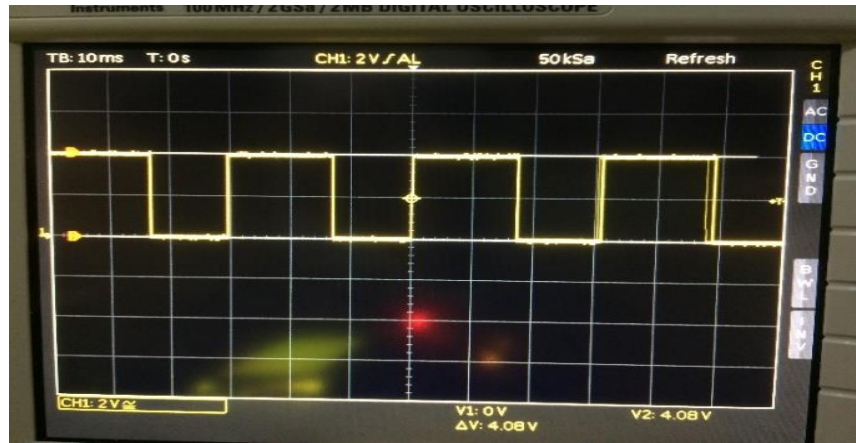
### Endüktif Sensör Çıkış Sinyali

Sensörün besleme voltaj aralığının 4.5 V – 30 V, düzgün ölçüm yapılabilmesi için sensör ile ölçümü yapılacak parça arasındaki mesafenin ise 0.5 – 1.5 mm aralığında olduğu sensör kataloğunda belirtilmektedir. Bu kapsamda tüm sistemin besleme voltajlarının ortak olması bütünleşik bir sistem oluşturulması için uygun olacağından sensörün besleme voltajının 8V olmasına karar verilmiştir. Ayrıca, LM7808 gerilim regülatörlerinin piyasada kolay bulunması da göz önünde bulundurulmuştur. Osiloskop ekranında görüldüğü üzere sensör çıkış sinyali (Şekil-16) besleme voltajına çok yakın bir değerdedir.



Şekil 16: Endüktif Sensör Çıkış Sinyali ( Gerilim Bölücü Uygulanmadan Önce )

Arduino MEGA devre kartında bulunan ATMEGA 2560 mikrodenetleyicisine verilebilecek en yüksek gerilim değeri 5V olduğundan, sensör çıkış sinyali gerilim bölücü devre ile 5V seviyelerine düşürülmüştür ( Şekil-17 ).



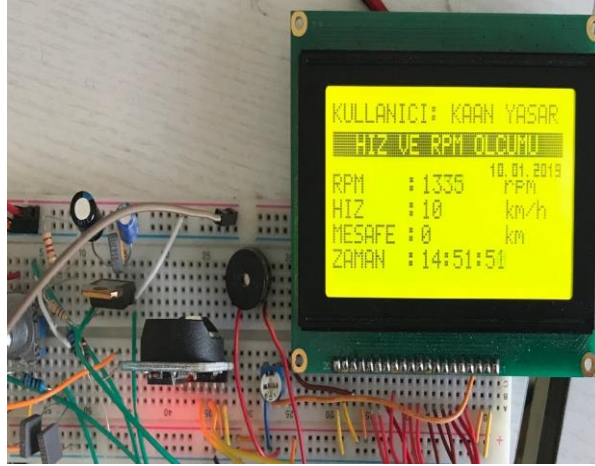
Şekil 17: Endüktif Sensör Çıkış Sinyali (Gerilim Bölücü Uygulandıktan Sonra )

Bu şekilde elde edilen sinyal, mikrodenetleyicinin ölçümünün yapılacağı interrupt (kesme) pinlerinden herhangi birisine bağlanabilir. Gerilim bölücü devre kullanılmasının nedeni ; sensör çıkışından elde edilen sinyal genliğinin mikrodenetleyicinin pinlerinin izin verdiği voltaj seviyesinin üzerinde olmasıdır.

### LCD Ekran Denemeleri Ve Sayısal Değerlerin Görülmesi

Çalışma kapsamında RPM, hız, mesafe, zaman ve tarih verileri ve bunların yanında gerçek zamanlı hız aşımalarının gösterilmesi için LCD ekran menü tasarımı gerçekleştirilmiştir. Kullanılan Arduino devre kartındaki mikrodenetleyici 4 kB boyutunda bir EEPROM hafızasına sahiptir, bu hafıza alanında hız aşımalarının ortalama değeri, belirlenen hız değerinin aşıldığı andaki başlangıç ve bitiş süreleri kayıt edilmektedir. Hız ve mesafe ölçümü için DC motorun anlık RPM değerleri Denklem 1-2 kullanılarak hesaplanmaktadır. Başlangıç ve bitiş sürelerinin hafızaya yazılmasında EEPROM belleğinin toplamda 6 adet hücresi kullanılmaktadır (başlangıç süresi için 3 hücre, bitiş süresi için 3 hücre). Çalışma kapsamında oluşturulan prototip sistemde 4 ayrı kullanıcı girişine izin verilmektedir, her bir kullanıcı için 10 adet hız aşım kaydı, toplamda ise 30 adet hız aşım süresi bellekte tutulmaktadır, her 10 adet hız aşımı sonrasında yeni bir

hız aşımı daha olursa bu süre bellekte bulunan 10 adet hız aşım değerinden en eskisi üzerine yazılmaktadır. Böylece, en güncel 10 adet hız aşım bilgisi hafızada tutulmaktadır. Hız ve RPM ölçümü ekranında kullanıcıya ait olan anlık hız, RPM ve katedilen mesafe bilgilerinin endüktif sensör yardımıyla laboratuvar ortamında gösterilmesine ilişkin ekran görüntüsü Şekil 18’de gösterilmiştir.



Şekil 18: Anlık Hız, Mesafe ve RPM Değerleri

Her bir hız aşım verisi için bellekte tutulan hız aşım verileri 7 byte yer kaplamaktadır (3’er byte başlangıç ve bitiş süresi, 1 byte ortalama hız değeri). Hız aşımalarını ve ortalamasını gösteren ekran görüntüsü Şekil 19’da gösterilmektedir.



Şekil 19: Hız Aşımı Süreleri

Kullanıcıya kolaylık sağlamak amacıyla ana menü ve alt menüler arası geçiş işlevleri mutlak tipteki rotary pulse encoder elektromekanik devre elemanı ile gerçekleştirilmiştir. Zaman modülü üzerinde bulunan 3 Voltluk saat pili sayesinde sistem çalışmadığı durumlarda da kendi enerjisini bu pil ile sağlayarak dahili EEPROM entegresine zaman verisi aktarılmaktadır, böylece anlık zaman verisi doğru bir şekilde elde edilmektedir.

### RFID Kart Okuma Sistemi

Radyo frekansı ile nesnelere tanıma yöntemi olan RFID teknolojisi ; temel olarak bir etiket okuyucu ve RF alıcı barındıran bir karttan oluşmaktadır. Bu çalışmada MF RC 522 RFID kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan RC 522 modülü 13.56 MHz frekansında ve pasif etiket şeklinde çalışmaktadır. (Okuyucunun ürettiği RF sinyali) [11]. RFID ile 3 kişi kullanıcı, 1 kişi admin olarak tanımlanmıştır. Kart numaraları sisteme kayıtlı ise giriş yapılmasına izin verilmektedir. Eğer kullanıcı kayıtlı değil ise sistem “HATA” mesajı alınmaktadır. Kart numaralarının seri port ekranı üzerinden belirlenmesi ve sisteme kayıt edilmesi sağlanmıştır. MF RC 522 etiketlerinde kullanılan EEPROM boyutu 1 KB’dır.

## Toplam Mesafe, Dinlenme-Çalışma Sürelerinin LCD Ekranda Gösterilmesi

Toplam mesafe değeri 3 kullanıcının toplam kat ettiği yol ana menüde gösterilmektedir. Sisteme giren kullanıcıların toplam mesafeyi sıfırlama yetkisi yoktur . Hız ölçümü menüsünde bulunan mesafe bilgisi ise çalışma süresinin başlangıcından itibaren alınan kısa mesafeyi göstermektedir, bu kullanıcıların çalışma süreleri boyunca aldıkları mesafe bilgisidir. Sürüş bilgileri menüsünde yer alan bu veriler kullanıcılara ait dinlenme, çalışma ve hız aşmaları gibi bilgileri zaman aralığı şeklinde ekranda gösterilmektedir.

## Sistem Modellemesi

Çalışmamızda kullanılan mekanik parçaların bütünleşik bir sistem haline getirilebilmesi için gerekli katı cisim modelleme ve teknik çizimleri oluşturulmuş ve elde edilen mekanik parçalar birleştirilmiştir

## SONUÇ

Sürücülerin trafik denetimlerinde ayrıntılı olarak kontrol edilebilmeleri için; aracın hızını, aracın kullanım süresini ve sürücünün dinlenme süresini hafızasında saklayabilen, istenildiğinde cihazın LCD ekranından kullanıcıyı bilgilendirebilen endüktif sensörlü sayısal bir takograf tasarlanmış ve prototip olarak gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen sayısal takografda; araç hızı ve aracın kat ettiği mesafe, DC motora bağlı dönen bir dişli çarkın dakikadaki devir sayısını ölçmek amacıyla kullanılan endüktif sensörden (LESİKAR M072) istifade edilmiştir. Dönen dişli çarkın ürettiği kare dalga mikrodenetleyici ile işlenerek, hız ve kat edilen mesafe ölçülmektedir. Sisteme sürücülerin tanımlanması ve her bir sürücünün şifreli olarak sisteme girmesini sağlamak için RFID kartlar kullanılmıştır. Bu suretle sisteme müdahale ve yetkisiz kişilerin girişi engellenmektedir. Sistemde yazılım ile düzenlenen menü tasarımları suretiyle dinlenme süreleri, çalışma süreleri, hız aşmaları kayıt edilmekte ve istenilen süre aralığında bu bilgiler ekrana yansıtılabilmektedir.

Sistemde kullanılan rotary pulse encoder ile yazılımsal olarak oluşturulan menüde gezinebilme ve alt menülerde gerekli ayarların ve gözlemlenmelerin yapılabilmesi imkânı sağlanmıştır. Kullanıcılar için belirlenen hız limitinin aşılması anındaki başlangıç-bitiş zamanı verileri Arduino devre kartı üzerinde bulunan ATMEGA mikrodenetleyicisinin EEPROM belleğinde yazılımsal olarak belirlenen ayrı alanlarda saklanması ve belirlenen hız limitinin aşılması anında sesli ve görsel uyarının verilmesi sağlanmıştır. Zaman modülü ile anlık olarak zaman ve tarih verileri seri iletişim protokolü ile mikrodenetleyici ile alınarak bu verilerin grafik LCD üzerinde gösterilmesi sağlanmıştır. Müteakip çalışma olarak ; CANBus gösterge kullanımı , sisteme yazıcı eklenmesi ve daha çok verinin saklanması için sisteme SD kart hafıza modülü eklenmesi üzerinde çalışılacaktır.

## KAYNAKLAR

1. Aslı Ergün, “Manyetik Sensör ve Transducerlar” Ders Notları (Sunum), (<http://kisi.deu.edu.tr/asli.ergun/Manyetik.pdf>) (Erişim tarihi : 11 Ekim 2018 ),
2. <http://www.imaiteknik.com.tr/encoder>, (Erişim tarihi : 15 Ekim 2018 ),
3. [https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary\\_encoder](https://en.wikipedia.org/wiki/Rotary_encoder), (Erişim tarihi : 15 Ekim 2018 ),
4. <https://www.motorobit.com/blog/icerik/reduktorlu-motor-nedir-tork-ve-devir-hesabi-nasil-yapilir>, (Erişim tarihi : 1Ekim 2018 ),
5. Lesikar M072datasheet,Vancurova 2904, Czech Republic.
6. <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/gerilim-bolucu-devreler> Gerilim bölücü,(Erişim tarihi : 11 Kasım 2018 ),
7. RobotparkAkademi,(<http://www.robotpark.com.tr/Dc-Motor-Surucu>),(Erişim tarihi : 5 Kasım2018 )
8. Sinyal Genişlik Modülasyonu Tekniği Nedir’, (<https://www.elektrikport.com/universite/pwm>), (Erişim tarihi : 14 Kasım 2018 ),
9. RTC Modül -DS1302 Gerçek Zamanlı Saat Devresi Modülü, (<https://www.robotistan.com/ds1302-gercek-zamanli-saat-devresi-modulu-rtc-modulu>), (Erişim tarihi : 2 Kasım 2018 ),
10. RFID Nedir’,(<http://www.rfid-turkiye.com/RFID-Nedir>), (Erişim tarihi : 5 Mart 2019 )
11. TMMOB, Sayısal Takograf Sistemi (STS), (<https://staum.tobb.org.tr/stsHakkinda.jsp>), (Erişim tarihi : 10 Ekim 2018 ).

## Yerel ikili desenler öznitelik çıkarma yöntemini kullanarak göğüs CT imgelerinden covid-19 tespiti

Fatih Özyurt (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8154-6691>)  
Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Yazılım Mühendisliği, Elazığ, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: [ozyurtfatih@gmail.com](mailto:ozyurtfatih@gmail.com)

### Özet

COVID-19 hastalığı, Çin'in bir bölgesi olan Wuhan şehrinde ortaya çıkmış ve daha sonra tüm dünyaya yayılmıştır. Bu hastalık, 25 milyondan fazla vakaya ve yaklaşık bir milyon kişinin ölümüne neden olmuştur. Hastalık oldukça bulaşıcıdır ve çıplak gözle görülemeyeceği için önlem almak zordur. Bütün bunlar, hâlihazırda enfekte olmuş kişileri anlamayı ve dolayısıyla kime karşı dikkatli olunacağını anlamayı çok zorlaştırmaktadır. Makina öğrenme modelleri biyomedikal alanındaki başarılı analizler için yararlı olmuştur. Bu çalışmada, korona virüsün sağlıklı göğse sahip ya da enfekte ettiği bireylerin tespiti için yapay zekânın bir alt dalı makina öğrenme modelleri kullanılmıştır. Günümüzde COVID-19 tespiti için göğüs imgeleri kullanılmaktadır. COVID-19 tespitinin manuel teşhisi, radyologların deneyimine ve hassasiyetine bağlıdır. Bu nedenle araştırmacılar, insan faktörünü en aza indirmek için birçok COVID-19 tespit modeli geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, COVID-19 tespiti için öznitelik çıkarma aşamasında klasik LBP yöntemi kullanıldı. Daha sonra SVM, KNN ve LDA gibi sınıflandırıcılarla doğruluk, hassaslık, özgüllük ve geometrik ortalama gibi metriklerle başarımları incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** COVID-19 tespit, LBP, sınıflandırma

### Covid-19 detection from chest CT images using local binary patterns feature extraction method

#### Abstract

COVID-19 disease originated in the city of Wuhan, a region of China, and then spread all over the world. This disease has caused more than 25 million cases and nearly one million deaths. The disease is highly contagious and it is difficult to take precautions because it cannot be seen with the naked eye. All of this makes it very difficult to understand people who are already infected and therefore who to watch out for. Machine learning models have been useful for successful analysis in the biomedical field. In this study, machine learning models, a sub-branch of artificial intelligence, were used to identify individuals with healthy breasts or infected by the coronavirus. Today, chest images are used for the detection of COVID-19. Manual diagnosis of COVID-19 detection depends on the experience and sensitivity of the radiologists. Therefore, researchers have developed many COVID-19 detection models to minimize the human factor. In this study, the classical LBP method was used in the feature extraction stage for COVID-19 detection. Later, their performance with classifiers such as SVM, KNN and LDA with metrics such as accuracy, sensitivity, specificity and geometric mean were examined.

**Keywords:** COVID-19 detection, LBP, classification

### GİRİŞ

Korona virüsler (CoV), soğuk algınlığı, Orta Doğu Solunum Sendromu (MERS-CoV) ve Şiddetli Akut Solunum Sendromu (SARS-CoV) gibi daha ciddi hastalıklara neden olan büyük bir virüs ailesidir (Rothe vd., 2020). Virüs ile temastan semptomların oluşmasına kadar geçen sürenin 2 ile 27 gün sürdüğü bilinmektedir, fakat virüsün belirtiler ortaya çıkmadan önce de bulaşıcı olduğuna dair bazı kesin olmayan kanıtlar bulunmaktadır (Abiyev & Ma'aitah, 2018; Chouhan vd., 2020; Stephen vd., 2019; Torkul vd., 2017). Hastalık semptomları arasında yüksek ateş, öksürme, nefes almada güçlük ve koku algısını kaybetme bulunmakta olup ölüme sebep olabilmektedir (Stephen vd., 2019). COVID-19'un biyolojik yapısı, pozitif yönlü tek sarmallı bir RNA tipinden oluşur ve mutasyona uğrama özelliği nedeniyle hastalığın tedavisi zordur. Dünya çapında tıp uzmanları, hastalık için etkili bir tedavi geliştirmek için yoğun araştırmalar yapmaktadırlar. Şu anda, COVID-19 nedeniyle küresel olarak binlerce ölüm vardır ve ABD, İspanya, İtalya, Çin, İngiltere, İran gibi ülkelerde ölüm sayıları fazladır (Worldometer, 2020). Birçok koronavirüs türü vardır ve bu virüsler hayvanlarda yaygın olarak görülmektedir. COVID-19 insan, yarasa, domuz, kedi, köpek, kemirgen ve kümes hayvanlarında keşfedilmiştir. Virüs bağışıklık sistemi zayıflamış kişilerin ölümüne neden olabilmektedir (Lancet, 2020; Razai vd., 2020). COVID-19, çoğunlukla fiziksel temas yoluyla kişiden kişiye bulaşmaktadır. Sağlıklı insanlar nefes teması, el teması veya COVID-19 taşıyan kişilerle mukoza teması yoluyla enfekte olabilir (Peng vd., 2020).

Son zamanlarda, yapay zeka biyomedikal araştırmaların hızlandırılması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Yapay zeka, derin öğrenme yaklaşımları kullanılarak görüntü algılama, veri sınıflandırma, görüntü segmentasyonu gibi birçok uygulamada kullanılmıştır (X. Liu vd., 2019; Özyurt, 2019b, 2019a; Tuncer vd., 2020). COVID-19 virüsü akciğerlere yayıldığı için enfekte olan insanlar pnömoniden muzdariptirler. (Jaiswal vd., 2019) akciğerlerde pnömoni tespiti için derin öğrenme tabanlı yöntemleri kullanmışlardır. (Baltruschat vd., 2019) yaptıkları çalışmada pnömoni X-ışını görüntüleri üç farklı derin öğrenme modeli kullanılarak sınıflandırılmıştır. Bunlar ince ayarlı model, ince ayarsız model ve sıfırdan eğitilmiş model şeklindedir. Sınıflandırma yöntemi olarak çok katmanlı algılayıcı kullanmışlar ve ortalama %82,2 doğruluk elde etmişlerdir. (Yadav & Jadhav, 2019) sınıflandırma yöntemi olarak SVM, derin öğrenme yaklaşımı olarak InceptionV3, VGG-16 modelleri kullanarak bir sınıflandırma algoritması gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları veriler normal, bakteriyel pnömoni ve viral pnömoni şeklinde 3 sınıfa ayrılmıştır. % 96.6 oranında sınıflandırma başarımı elde etmişlerdir. (Abiyev & Ma'aitah, 2018) pnömoni verilerini sınıflandırmak için backpropagation sinir ağı ve rekabetçi sinir ağı modellerini pnömoni ve normal göğüs röntgeni görüntülerinde kullanmış ve veri kümesinin %30'unu test, %70'inin eğitim verisi olarak ayarlamışlardır. Önerilen yöntem mevcut CNN'lerle karşılaştırılmış % 89.57 sınıflandırma başarısı elde etmişlerdir. (Stephen vd., 2019) pnömoni verilerini eğitmek ve sıfırdan sınıflandırmak için derin bir öğrenme modeli önermişlerdir. Önerdikleri model konvolüsyon katmanları, yoğun bloklar ve düzleştirilmiş katmanlardan oluşmaktadır. Modelin giriş boyutu 200 × 200 piksel olup sigmoid aktivasyon fonksiyonunu kullanarak sınıflandırma yapmışlardır. Bu çalışmada %93.73 başarı oranı elde edilmiştir. (Chouhan vd., 2020) derin öğrenme modellerini normal, virüs pnömonisi ve bakteriyel pnömoni görüntülerine uyguladılar. İlk aşamada, görüntülerden paraziti gidermek için bir dizi ön işleme prosedürü gerçekleştirdiler. Daha sonra, her görüntüye büyütme tekniğini uyguladılar ve modelleri eğitmek için bir transfer öğrenimi kullandılar. Önerdikleri yöntemde %96.39 sınıflandırma performansı elde ettiler.

Derin öğrenmenin biyomedikal veriler üzerindeki başarımı nedeniyle son zamanlarda derin öğrenme kullanımının arttığı görülmektedir. Fakat tıbbi imgelerin azlığı, araştırmacıları veri çoğaltma teknikleriyle veri artırımı yoluna itmiştir. Ayrıca derin öğrenme algoritmalarının kullanımı için yüksek kapasiteli bilgisayarlar gerekmektedir. Bu çalışmada pnömoni, COVID-19 ve normal göğüs görüntüleri kullanılmıştır. Önerilen yöntemin öznitelik aşamasında local binary pattern (LBP) kullanılmıştır. Elde edilen öznitelikler farklı sınıflandırıcılara verilerek sınıflandırma başarıları gözlemlenmiştir.

Makalenin ikinci bölümünde materyal ve metot, üçüncü bölümünde deneysel sonuçlar ve analizler, dördüncü bölümünde ise sonuç bölümü yer almaktadır.

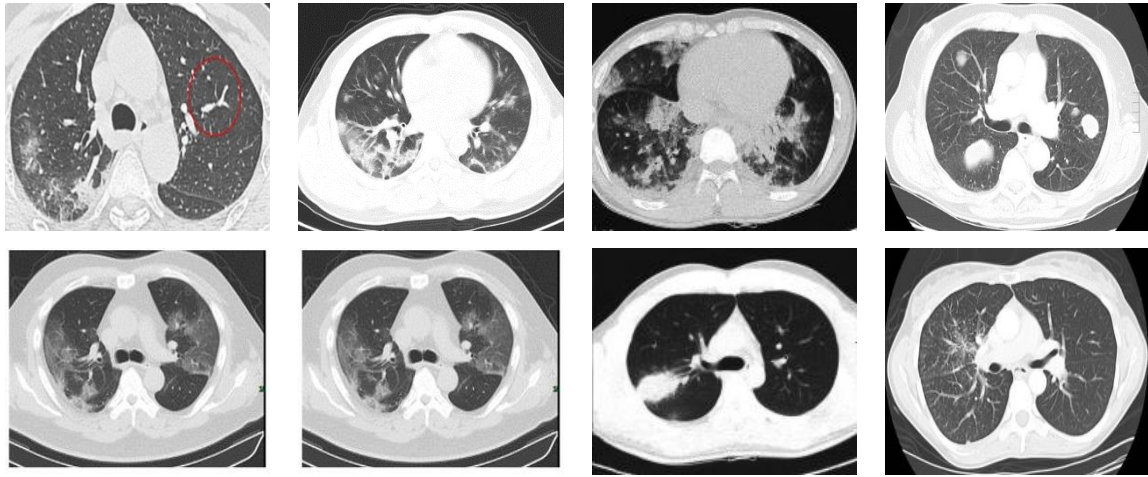
## **MATERYAL VE METOD**

Önerilen çalışmada işletim sistemi olarak Windows 10 işletim sistemi, yazılım ortamı olarakta Matlab 2019b sürümü kullanılmıştır.

### **Dataset**

Kamuya açık olan veri setinden yararlanılmıştır (Zhao vd., 2020). Veri setinin doğruluğu, hali hazırda birçok Covid-19 hastasına teşhis koyan Çin'in Wuhan kentindeki Tonji Hastanesi'ndeki kıdemli bir radyolog tarafından kontrol edilmiştir. Veri seti, 216 hastadan alınan COVID-19 bulgularını içeren 349 CT görüntüsünü ve COVID-19 olmayan hastaların 397 CT görüntüsünü içermektedir. Görüntülerin yüksekliği ve genişlik boyutları tutarlı değildir. Görüntülerin minimum, ortalama ve maksimum genişliği sırasıyla 124, 383 ve 1485'tir. Aynı şekilde yükseklik ölçümleri sırasıyla 153, 491 ve 1853'tür. Kullanılan veri setine örnek görüntüler şekil 1'de verilmiştir.

Görüntülerin elde edilme sürecinde Hounsfield birimi (HU) değerleri kaybolduğundan piksel başına bit sayısı ve görüntülerin çözünürlüğü azaldığından görüntü kalitesi biraz bozulmuştur. Ancak uzman radyologlar tarafından tanıdaki doğruluğu önemli ölçüde değiştirmediyini doğrulanmıştır.



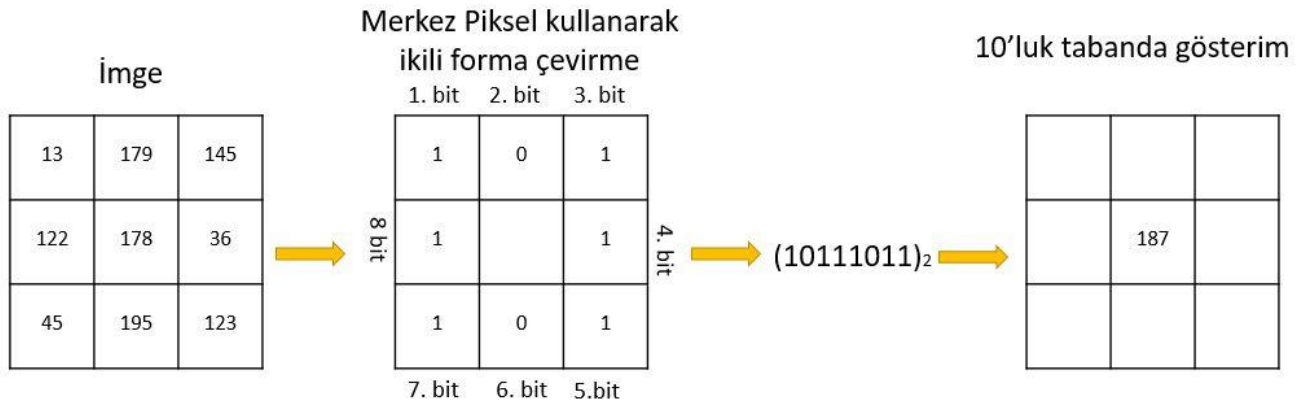
COVID-19 tanı CT görüntüleri

Sağlıklı CT görüntüleri

Şekil 1. Örnek CT görüntüleri

### Local Binary Pattern

LBP, görüntü işlemede kullanılan ve görüntülerden etkili öznitelikler elde etmemizi sağlayan istatistiksel bir yaklaşımdır (B. Yang & Chen, 2013). Bilgisayarla görme uygulamaları alanında yaygın olarak kullanılmaktadır (L. Liu vd., 2016; Ojala vd., 2002). LBP operatörü, merkez piksel ( $f_m$ ) ve çevreleyen pikseller  $f_p = (P = 0, 1, \dots, 7)$  ile  $3 \times 3$  boyutundaki matrisler karşılaştırarak her piksel için bir ikili değer  $S(f_p - f_m)$  oluşturur (W. Yang vd., 2016). Bir pikselin LBP operatörü ile etiketlenmesine örnek Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. LBP kullanım şekli

LBP değerleri, görüntüdeki her pikselin komşuları arasındaki fark denklem 1 ve 2 kullanılarak elde edilir (El Khadiri vd., 2018).

$$LBP(x) = \sum_{i=1}^8 s(G(x_i) - G(x))2^{i-1} \quad (1)$$
$$s(t) = \begin{cases} 1, & t \geq 0 \\ 0, & t < 0 \end{cases} \quad (2)$$

### DENEYSSEL SONUÇLAR

Model yaklaşık olarak aynı sayıda Covid-19 ve normal CT görüntülerine sahiptir. Dolayısıyla veri dengesizliği sorunu ortaya çıkmamaktadır. Veri setinde bulunan imgelerin boyutları değişkenlik gösterdiği için  $512 \times 512$  boyutuna sabitlenmiştir. Her bir imgeden 59 adet öznitelik elde edilmiştir. Veri seti boyutu fazla olmadığı için 5-kat çaprazlama yöntemi uygulanmıştır. Bu modelde veri 5 eşit parçaya bölünmüş 4 parçasında eğitim yapılmış bir parçasında ise test yapılmıştır. Deneysel çalışmalar beş kez yapıp böylece veri parçalarının her biri bir kez doğrulama seti olarak kullanılmıştır. Deneysel çalışmaların sonuçları alındı ve kaydedildi. Bu çalışmalar her bir sınıflandırıcı için yapılmıştır. Çapraz doğrulama doğruluğu, standart sapma, geometrik ortalama ve Recall değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo 1'de verilmiştir.



**Tablo 1.** Sınıflandırma performansları

Sınıflandırıcı	Doğruluk (%)	Standart Sapma (%)	Geometrik Ortalama (%)	Recall (%)
SVM	83.38	0.94	83.24	83.26
KNN	79.32	0.81	78.35	78.73
LDA	74.5	0.9	76.31	76.48

Yapılan çalışmada %83.38 ile en yüksek başarımlı kübik SVM sınıflandırıcısı ile elde edilmiştir. Bu sınıflandırıcıdan sonra sırasıyla %79.32 ve %74.5 başarımlı oranları KNN ve LDA sınıflandırıcıları ile elde edilmiştir. Elde edilen standart sapma değerlerinin çok büyük olmaması her bir test verisi ile elde edilen sonuçların birbirine yakın olduğunu göstermektedir.

## SONUÇ

Dünyada ve ülkemizde bulunan pandemi koşulları nedeniyle ekonomik ve sosyal olarak ciddi sıkıntılardan geçmekteyiz. Bu tür sağlık problemlerinin üstesinden gelebilmek için biyomedikal verilerde bilgisayar görmesi daha fazla önem arz etmektedir. Bu durum birden fazla alanda uzmanların bir araya gelmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Şu anda yapılması gereken tek şey doğrudan temastan kaçınıp mesafe normlarına uymaktır. Enfekte olan hastaların mümkün olduğunca hızlı olarak tespit edilip karantina altında tutulması gerekmektedir. Şu anda mevcut BT taramaları akciğerlerin COVID-19'dan etkilenip etkilenmediğini detaylı olarak verebilmektedir. Önerdiğimiz yöntemde öznelik aşamasında LBP kullanarak yüksek donanımlı bilgisayar ihtiyacını ortadan kaldırdık. Elde edilen öznelikleri SVM, KNN ve LDA gibi sınıflandırıcılarla kullandık. Elde ettiğimiz sonuçlar çok yüksek değildir fakat daha farklı öznelik çıkartma yöntemleriyle başarımlı oranının artabileceği öngörülmektedir. Daha sonraki çalışmalarda farklı öznelik çıkartma yöntemleri birleştirilip hibrit yöntemler önerilebilir.

## KAYNAKLAR

- Abiyev, R. H., & Ma'aitah, M. K. S. (2018). Deep convolutional neural networks for chest diseases detection. *Journal of healthcare engineering*, 2018.
- Baltruschat, I. M., Nickisch, H., Grass, M., Knopp, T., & Saalbach, A. (2019). Comparison of deep learning approaches for multi-label chest X-ray classification. *Scientific reports*, 9(1), 1–10.
- Chouhan, V., Singh, S. K., Khamparia, A., Gupta, D., Tiwari, P., Moreira, C., Damaševičius, R., & De Albuquerque, V. H. C. (2020). A novel transfer learning based approach for pneumonia detection in chest X-ray images. *Applied Sciences*, 10(2), 559.
- El Khadiri, I., Kas, M., El Merabet, Y., Ruichek, Y., & Touahni, R. (2018). Repulsive-and-attractive local binary gradient contours: New and efficient feature descriptors for texture classification. *Information Sciences*, 467, 634–653.
- Jaiswal, A. K., Tiwari, P., Kumar, S., Gupta, D., Khanna, A., & Rodrigues, J. J. P. C. (2019). Identifying pneumonia in chest X-rays: A deep learning approach. *Measurement*, 145, 511–518.
- Lancet, T. (2020). COVID-19: too little, too late? *Lancet (London, England)*, 395(10226), 755.
- Liu, L., Fieguth, P., Zhao, G., Pietikäinen, M., & Hu, D. (2016). Extended local binary patterns for face recognition. *Information Sciences*, 358, 56–72.
- Liu, X., Deng, Z., & Yang, Y. (2019). Recent progress in semantic image segmentation. *Artificial Intelligence Review*, 52(2), 1089–1106.
- Ojala, T., Pietikäinen, M., & Maenpää, T. (2002). Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 24(7), 971–987.
- Özyurt, F. (2019a). A fused CNN model for WBC detection with MRMR feature selection and extreme learning machine. *Soft Computing*, 1–10.
- Özyurt, F. (2019b). Efficient deep feature selection for remote sensing image recognition with fused deep learning architectures. *The Journal of Supercomputing*, 1–19.
- Peng, X., Xu, X., Li, Y., Cheng, L., Zhou, X., & Ren, B. (2020). Transmission routes of 2019-nCoV and controls in dental practice. *International Journal of Oral Science*, 12(1), 1–6.

- Razai, M. S., Doerholt, K., Ladhani, S., & Oakeshott, P. (2020). Coronavirus disease 2019 (covid-19): a guide for UK GPs. *BMJ*, 368.
- Rothe, C., Schunk, M., Sothmann, P., Bretzel, G., Froeschl, G., Wallrauch, C., Zimmer, T., Thiel, V., Janke, C., Guggemos, W., & others. (2020). Transmission of 2019-nCoV infection from an asymptomatic contact in Germany. *New England Journal of Medicine*, 382(10), 970–971.
- Stephen, O., Sain, M., Maduh, U. J., & Jeong, D.-U. (2019). An efficient deep learning approach to pneumonia classification in healthcare. *Journal of healthcare engineering*, 2019.
- Torkul, O., Gülseçen, S., Uyaroglu, Y., Çağıl, G., & Uçar, M. K. (2017). *Mühendislikte Yapay Zeka ve Uygulamaları* (1. baskı). Sakarya Üniversitesi Kütüphanesi Yayınevi. [https://drive.google.com/file/d/1AIwKgjf-S4LhSVCaFTtLxoS\\_dUB9MfWA/view](https://drive.google.com/file/d/1AIwKgjf-S4LhSVCaFTtLxoS_dUB9MfWA/view)
- Tuncer, T., Dogan, S., & Ozyurt, F. (2020). An automated Residual Exemplar Local Binary Pattern and iterative ReliefF based corona detection method using lung X-ray image. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 104054.
- Worldometer. (2020). *Coronavirus Cases* . <https://doi.org/10.1101/2020.01.23.20018549V2>
- Yadav, S. S., & Jadhav, S. M. (2019). Deep convolutional neural network based medical image classification for disease diagnosis. *Journal of Big Data*, 6(1), 113.
- Yang, B., & Chen, S. (2013). A comparative study on local binary pattern (LBP) based face recognition: LBP histogram versus LBP image. *Neurocomputing*, 120, 365–379.
- Yang, W., Wang, Z., & Zhang, B. (2016). Face recognition using adaptive local ternary patterns method. *Neurocomputing*, 213, 183–190.
- Zhao, J., Zhang, Y., He, X., & Xie, P. (2020). COVID-CT-Dataset: a CT scan dataset about COVID-19. *arXiv preprint arXiv:2003.13865*.

## Operasyon öncesi anesteziyoloji polikliniğine başvuran çocuk hastalarda bitkisel ürün kullanım sıklığı

Münire Babayiğit<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0002-5090-3262>), Mustafa Alparslan Babayiğit<sup>2</sup>  
(<https://orcid.org/0000-0001-5313-9186>)

<sup>1</sup>SBÜ, Keçiören Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Anesteziyoloji ve Reanimasyon Kliniği, Ankara, Türkiye  
<sup>2</sup> Serbest Hekim, Özel İşyeri Hekimi, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail:mnroksuz@hotmail.com

### Özet

Son yıllarda ülkemizde de kullanımı yaygınlaşan bitkisel ürünlerin çocuklarda kullanım sıklığı net olarak bilinmemektedir. Bitkisel ürünlerin anestezi ilaçlarla etkileşimi komplikasyonlara neden olabileceğinden preoperatif tespiti ve gerekli önlemlerin alınması hayati önem arz etmektedir. Literatürde bu konuda yapılmış sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışma sağlık hizmeti sunduğumuz toplumda çocuk hastaların bitkisel ürün kullanım sıklığını ve bu bitkisel ürünlerin türlerini tespit etmek amacıyla planlanmıştır. Bu amaçla yerel etik kurul onayını takiben anesteziyoloji polikliniğine preoperatif değerlendirme amacıyla başvuran çocuk hastaların aileleriyle görüşüldü. Gönüllü 94 ebeveyn çalışmaya dahil edildi. Çalışma kapsamında incelenen çocuk hastaların yaş ortalaması 10,39±5,13 yıl, %53,2'si kız, boy ortalaması 138,98±26,41 cm, kilo ortalaması 39,93±20,85 kg. idi. Anketi dolduran ebeveynlerin %86,2'si anne, %62,8'i ilköğretim mezunu idi ve ebeveyn yaş ortalaması 35,56±6,72 yıl idi. Çocuk hastaların %27,6'nın (n=26) en az bir bitkisel ürün kullandığı tespit edildi. Bitkisel ürün kullanmayanlar (Grup 1) ve kullananlar (Grup 2) arasında yaş, cinsiyet, ASA, komorbid hastalık, sürekli ilaç kullanımı ve vitamin kullanımı açısından fark saptanmadı (p>0.05). Bitkisel ürün kullanmayanlar (Grup 1) ve kullananlarda (Grup 2) ebeveyn yaş ortalaması ve öğrenim durumu açısından benzer bulundu. Hastaların en sık kullanıldığı bitkiler; ıhlamur (% 32,5), nane/limon (% 10,0), kantaron (% 10,0), zeytinyağı (% 10,0) pekmez (% 10,0) ve adaçayı (% 7,5) olarak tespit edildi. Bitkisel ürün kullanan hastaların (n:26) %19,2'sinin (n=5) daha önce anestezi aldığı, bunların hiçbirisinin bitkisel ürün tüketimleri konusunda doktoruna bilgi vermediği ve sadece %7,7'sinin (n=2) bitkilerin yan etkileri konusunda bilgi aldığı görüldü. Bitkisel ürün kullanan hastaların en sık aile büyükleri önerisi (% 58,3) ile bitki kullandığı tespit edildi. Anesteziyoloji polikliniğine başvuran çocuk hastalarda yaklaşık dörtte birinde bitkisel ürün kullanımı tespit edilmekle birlikte yan etkileri konusunda bilgi ediniminin oldukça az olduğu görüldü. Bitkisel ürünler anestezi ilaçlarla etkileşebilir, preoperatif ve postoperatif komplikasyonlara neden olabilirler. Bu nedenle preoperatif değerlendirmelerde özellikle sorgulanmaları, olası riskler konusunda ailelerin bilgilendirilmeleri gerektiği kanaatindeyiz.

**Anahtar Kelimeler:** Bitkisel ürün, preoperatif değerlendirme, anestezi, çocuk

### Herbal product use frequency in pediatric patients admitting to anaesthesiology clinic preoperatively

#### Abstract

The use frequency of herbal products, which have become widespread in our country in recent years, is not clearly known. Since the interaction of herbal products with anesthetic drugs may cause complications, preoperative detection and taking necessary precautions are vital. There are few studies on this subject in the literature. A questionnaire was applied to 94 volunteer parents who applied to the anesthesiology outpatient clinic for preoperative evaluation following the approval of the local ethics committee in order to determine the frequency of using herbal products and the types of herbal products in the community where we provide health services. The average age of the pediatric patients who came to the polyclinic was 10.39 ± 5.13 years, 53.2% of them were girls, their average height was 138.98 ± 26.41 cm, and their average weight was 39.93 ± 20.85 kg. Of the parents who filled out the questionnaire, 86.2% were mothers, 62.8% were primary school graduates, and the average age of parents was 35.56 ± 6.72 years. While 35.8% (n = 43) of the patients stated that they used at least one herbal product, 64.2% (n = 77) stated that they did not use it. No difference was found between those who did not use herbal products (Group 1) and those who used them (Group 2) in terms of age, gender, ASA, comorbid disease, continuous drug use and vitamin use (p> 0.05). Those who did not use herbal products (Group 1) and those who used it (Group 2) were found to be similar in terms of parental age and educational status. Plants most commonly used by patients; linden (32.5%), mint / lemon (10.0%), centaury (10.0%), olive oil (10.0%) molasses (10.0%) and sage (7.5%) were. 19.2% (n = 5) of the patients

using herbal products stated that they had received anesthesia before, none of them reported this to their doctor and only 7.7% (n = 2) received information about the side effects of herbs. It was determined that the patients using herbal products were using plants with the recommendation of their family members (58.3%). Although the use of herbal products was detected in approximately one third of the patients who applied to the anaesthesiology outpatient clinic, it was observed that there was very little information about side effects. We believe that herbal products should be questioned especially in preoperative evaluations due to the risk of interaction with anesthetic drugs, and families should be informed about possible risks.

**Keywords:** Herbal product; preoperative evaluation; anaesthesia

## GİRİŞ

Anestezi uygulamalarında santral ve periferik etkili pek çok ilaç kullanılmaktadır. Bu ilaçların hastaların kullanıldığı ilaç ve bitkisel ürünlerle etkileşim riski mevcuttur (Özatamer et al. 2011). Son yıllarda tüm dünyada geleneksel ve tamamlayıcı tıp yöntemlerine, özellikle de fitoterapiye olan ilginin artmasıyla ülkemizde de bitkisel ürün kullanımı artmaktadır (Caydam and Karadakovan 2011) (Bahar et al. 2013)(Velanovich, Hallal, and Shah 2006) (Harris et al. 2012) (McFarland et al. 2002) (Tulunay et al. 2015). Sağlık Bakanlığı'nın 2014 Yılında resmi gazetede yayınladığı genelge ile ülkemizde fitoterapi uygulamalarının sertifikalı hekimlerce yapılacağı belirtilmiş olup bu konuda eğitim alan hekim sayısı günden güne artmaktadır (Sağlık Bakanlığı 2014). Bununla birlikte geleneksel tıp uygulamaları olarak kültüre özgü bazı inançlar ve uygulamalar da mevcuttur (Zhang, Fein, and Fein 2011)(Marquardt, Kaft, and Nieber 2015). Özellikle bitkisel çay ve yağların tüketimi atalardan öğrenilen yaygın uygulamalardandır .

Yetişkin hastalarda bitkisel ürün kullanımlarının araştırıldığı çalışmalarda ülkeler arasında ve hatta ülke içinde bölgesel ciddi farklılıklar tespit edilmiştir (McFarland et al. 2002)(Lennox and Henderson 2003)(Şimşek et al. 2017)(Canter and Ernst 2004). Ancak çocuk hastalarda bitkisel ürün kullanımıyla ilgili sınırlı sayıda çalışma vardır (Bitkisel et al. 2017)(Bozkaya et al. 2008)(M. Aysin TAŞAR, E. Derya POTUR, Nursel KARA, İlknur BOSTANCI 2011) .

Anestezi yönetimi açısından hastanın kullandığı ilaç ve bitkisel ürünlerin preoperatif tespiti ilaç etkileşimlerinin öngörmede ve gerekli önlemleri almada önem arz etmektedir. Bu nedenle sağlık hizmeti verdiğimiz toplumda ameliyat planlanan çocuk hastalarda bitkisel ürün kullanımının sıklığını ve kullanılan bitkisel ürünlerin tespiti amacıyla bu çalışma planlanmıştır.

## MATERYAL ve METOD

Yerel etik kurul onayını takiben 6 ay süreyle preoperatif değerlendirme amacıyla anesteziyoloji polikliniğine başvuran çocuk hastalar çalışmaya dahil edildi. Çalışmaya gönüllü 94 ebeveyn katıldı.

Çalışmada yüz yüze görüşme tekniğiyle anket uygulandı. Hasta ve ebeveynine demografik tanımların haricinde bitkisel ürün ve vitamin kullanımı, kullanılan bitkisel ürünlerin çeşitleri, bu bitkisel ürünler ve yan etkileri konusunda bilgi kaynakları ve önceki anestezi öyküleri soruldu.

## İstatistiksel analiz

Elde edilen veriler SPSS 15.0 programında değerlendirilmiş, istatistiksel analizlerde sürekli değişkenler için T Testi, kategorik verilerin karşılaştırmasında ise Ki-kare testi kullanıldı. İstatistiksel anlamlılık düzeyi (p<0.05) anlamlı kabul edilmiştir.

## BULGULAR

Anestezi polikliniğine başvuran pediatrik hastaların yaş ortalaması  $10,39\pm 5,13$  yıl, %53,2'si kadın, boy ortalaması  $138,98\pm 26,41$  cm, kilo ortalaması  $39,93\pm 20,85$  kg. idi. Anketi dolduran ebeveynlerin %86,2'si anne, %62,8'i ilkokul mezunu idi ve ebeveyn yaş ortalaması  $35,56\pm 6,72$  yıl idi.

Hastaların % 27.6 'i (n=26) en az bir bitkisel ürünü sürekli kullandığı görüldü. Bitkisel ürün kullananlar (Grup 2) ile kullanmayanlar (Grup 1) arasında yaş, cinsiyet ve ebeveyn öğrenim durumu açısından istatistiksel olarak anlamlı fark yoktu (Tablo 1).

**Tablo 1.** Anestezi polikliniğine başvuran pediatrik hastaların bazı tanımlayıcı özelliklerinin bitkisel ürün kullanımına göre karşılaştırılması

	Grup 1 (n=68)	Grup 2 (n=26)	Toplam (n=94)	p
Yaş (yıl) (Ort±Ss)	10,12±5,07	11,12±5,32	10,39±5,13	0.403*
Boy (cm) (Ort±Ss)	137,66±26,19	142,42±27,21	138,98±26,41	0.437*
Kilo (kg) (Ort±Ss)	39,47±21,78	41,12±18,55	39,93±20,85	0.734*
Ebeveyn yaş (yıl) (Ort±Ss)	35,51±6,55	35,69±7,28	35,56±6,72	0.909*
Cinsiyet (n, %)				
Kız	35 (51,5)	15 (57,7)	50 (53,2)	0.589**
Erkek	33 (48,5)	11 (42,3)	44 (46,8)	
Anketi dolduran kişi (n, %)				
Anne	58 (85,3)	23 (88,5)	81 (86,2)	0.691**
Baba	10 (14,7)	3 (11,5)	13 (13,8)	
Ebeveyn öğrenim durumu (n, %)				
Okuryazar değil	1 (1,5)	0 (0,0)	1 (1,1)	0.535**
İlkokul	41 (60,3)	18 (69,2)	59 (62,8)	
Ortaokul	4 (5,9)	3 (11,5)	7 (7,4)	
Lise	19 (27,9)	5 (19,2)	28 (23,3)	
Üniversite	3 (4,4)	0 (0,0)	13 (10,8)	
<b>Toplam</b>	68 (100,0)	26 (100,0)	94 (100,0)	
* T Testi				
** Ki-kare Testi				

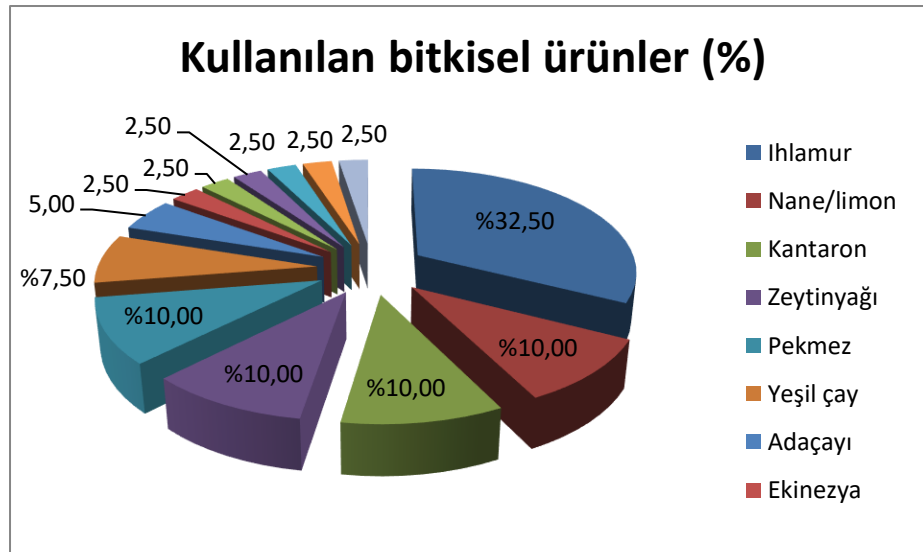
Bitkisel ürün kullananlar (Grup 2) ile kullanmayanlar (Grup 1) arasında ASA, komorbid hastalık, sürekli ilaç kullanımı ve vitamin kullanımı açısından fark saptanmadı ( $p>0.05$ ) (Tablo 2).

**Tablo 2.** Anestezi polikliniğine başvuran pediatrik hastaların bazı klinik özelliklerinin bitkisel ürün kullanımına göre karşılaştırılması

	Grup 1 (n=68)	Grup 2 (n=26)	Toplam (n=94)	P
<b>ASA</b>				
<b>I</b>	55 (80,9)	21 (80,8)	76 (80,9)	0.990*
<b>II</b>	13 (19,1)	5 (19,2)	18 (19,1)	
<b>Komorbid hastalık</b>				
<b>Yok</b>	55 (80,9)	20 (76,9)	75 (79,8)	0.143*
<b>Anemi</b>	2 (2,9)	0 (0,0)	2 (2,1)	
<b>Gastrit</b>	5 (7,4)	4 (15,4)	9 (9,6)	
<b>DM</b>	1 (1,5)	0 (0,0)	1 (1,1)	
<b>Astım</b>	2 (2,9)	0 (0,0)	2 (2,1)	
<b>Guatr</b>	3 (4,4)	0 (0,0)	3 (3,2)	
<b>Diğer</b>	0 (0,0)	2 (7,7)	2 (2,1)	
<b>Sürekli kullanılan ilaç</b>				
<b>Yok</b>	59 (86,8)	20 (76,9)	79 (84,3)	0.244*
<b>Var</b>	9 (13,2)	6 (23,1)	15 (16,0)	
<b>Vitamin kullanım durumu</b>				
<b>Kullanmıyor</b>	59 (86,8)	20 (76,9)	79 (84,3)	0.244*
<b>Kullanıyor</b>	9 (13,2)	6 (23,1)	15 (16,0)	
<b>Toplam</b>	68 (100,0)	26 (100,0)	94 (100,0)	

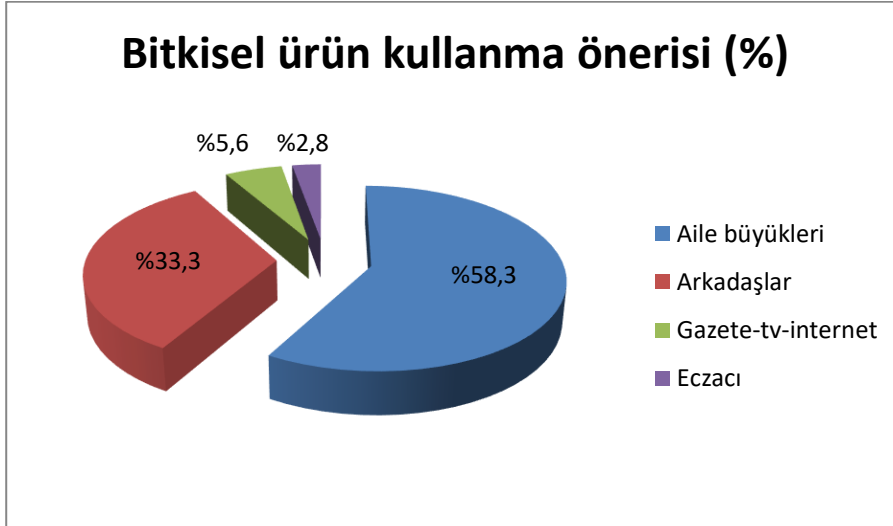
\* Ki-kare testi

Hastalar tarafından en sık kullanıldığı ifade edilen bitkiler; ıhlamur (% 32,5), nane/limon (% 10,0), kantaron (% 10,0), zeytinyağı (% 10,0) pekmez (% 10,0) ve adaçayı (% 7,5) olarak tespit edildi (Şekil 1).



**Şekil 1.** Pediatrik hastalar tarafından en sık kullanılan bitkiler

Bitkisel ürün kullanan hastaların %19,2'si (n=5) daha önce anestezi aldığını, bunların hiçbirisinin bunu doktoruna bildirmediğini ve sadece %7,7'sinin (n=2) bitkilerin yan etkileri konusunda bilgi aldığını ifade etti. Bitkisel ürün kullanan hastaların aile büyükleri önerisi (% 58,3) ile bitki kullandığı tespit edildi (Şekil 2).



Şekil 2. Bitkisel ürün kullanma önerisi

## TARTIŞMA

Çalışmamız sonucunda anesteziyoloji polikliniğine başvuran çocuk hastaların yaklaşık dörtte birinde bitkisel ürün kullanımı tespit edildi. Bitkisel ürün kullanan kişilerin hekimleriyle bu bilgiyi paylaşmadıkları ve bitkilerin yan etkileri konusunda bilgi edinimlerinin oldukça az olduğu görüldü.

Akçay ve arkadaşlarının Antalya 'da yaptıkları çalışmada Pediatri polikliniğine başvuran çocuk hastalardan 125 gönüllü aileye uyguladıkları anket sonucunda % 87. 2'nde bitkisel ürün kullanım öyküsü olduğu, % 16.8'nin düzenli olarak kullandığı tespit edilmiştir (Akçay and Yıldırım 2018). Araz ve ark.'nın Gaziantep'te yaptıkları çalışmada pediatri polikliniğine başvuran 268 çocuk hastada son bir yılda en az bir GETAT yöntemi kullanımının % 58.6, en sık kullanılan yöntemin ise % 82.7 oranında fitoterapi olduğu tespit edilmiştir (Araz and Bulbul 2011). Ege bölgesinde 600 çocuk hasta ile yapılan bir çalışmada ailelerin %57 'nin çocukları için GETAT yöntemlerini kullandıklarını, en sık bitkisel tedavinin (%77 ) tercih edildiği bildirilmiştir (Ozturk and Karayagiz 2008) . Diyarbakır'da kronik hastalığı olmayan çocuk hastalarda yapılan araştırmada % 83 oranında GETAT kullanımı olduğu, bunların % 57'nin bitkisel tedavi olduğu bulunmuştur (Tuncel et al. 2014). Ülkemizde farklı bölgelerde yapılan bu çalışmalarda çocuklarda bitkisel ürün kullanımının oldukça yaygın olduğu görülmektedir. Çalışmamızda ameliyat planlanan hastalarda bitkisel ürün kullanım sıklığı % 27.6 bulunmuş olup literatüre göre daha düşük olduğu gözlenmiştir. Yetişkin hastalarda yapılan çalışmalarda kalp hastalarında bitkisel ürün kullanımı oldukça yaygın (% 71.6 ) olduğu görülürken ameliyat planlanan hastalarda ise daha düşük (% 54.2 ) olduğu tespit edilmiştir (Pınar et al. 2017)(Bayraktar, Yavaşcaoğlu, and Özyurt 2014). Çalışma evrenimizi ameliyat planlanan hastalar oluştururken diğer çalışmalarda kronik hastalığı olan veya akut hastalık nedeniyle pediatri polikliniğine başvuran hastalar oluşturduğundan bitkisel ürün kullanımının daha yüksek oranda bulunmuş olabileceği kanaatindeyiz. Japonya'da ameliyat planlanan çocuk hastalarda yapılan çalışmada çalışmamıza benzer şekilde bitkisel ürün kullanımının % 16 sıklıkta olduğu bulunmuştur (Uchida et al. 2013).

Ailelerin eğitim düzeyleri açısından incelendiğinde çocukları için bitkisel ürün kullanan ailelerle kullanmayanlar arasında bazı çalışmalarda fark saptanmazken Öztürk ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada üniversite mezunu ailelerde bu oran daha yüksek bulunmuştur (Akçay and Yıldırım 2018) (Babayigit 2015) (Ozturk and Karayagiz 2008). Çalışmamızda ailelerin eğitim düzeyleriyle bitkisel tedavi kullanımı arasında fark bulunmamıştır. Ancak çalışma grubunda üniversite mezunu ebeveyn sayısı sadece 3 olduğundan üniversite mezunu aileler için yorum yapmak zordur. Bununla birlikte Öztürk ve ark.'nın çalışmasında da çalışmamıza benzer şekilde ailelerin doktorlarını bitkisel ürünlerin kullanımı konusunda bilgilendirmedikleri görülmüştür. Bunun nedeninin bitkisel kelimesinin toplumda 'doğal', 'yararlı', 'zararsız' kavramlarıyla özdeş kullanılmasından ve algılanmasından kaynaklandığı kanaatindeyiz.

Çalışmamızda % 58.3 oranında aile büyüklerinin tavsiyesiyle kullanıma başlandığı tespit edildi. Benzer şekilde yurt içi ve yurtdışı literatürde % 52.5 - 56 oranında aile çevresinin önerisiyle bitkisel ürün kullanıldığı

bildirilmiştir ( Ozturk and Karayagiz 2008) (Araz and Bulbul 2011) (Uchida et al. 2013). Ailelerin bu konuda etkin oldukları görülmektedir.

Bitkisel ürünlerin sıklıkla anemi, öksürük, ateş gibi solunum yolu enfeksiyonları ile birlikte diyare, konstipasyon ve kolik ağrısı gibi gastrointestinal sistem bulguları için kullanıldığı bildirilmiştir (Araz and Bulbul 2011) (Ozturk and Karayagiz 2008) (Tuncel et al. 2014). Çalışmamızda bunu destekler şekilde bu sorunların tedavisinde sık tercih edilen ürünler olan ıhlamur, nane/limon, kantaron, zeytinyağı, pekmez, ve adaçayının en sık kullanılan bitkisel ürünler oldukları görüldü. Tuncel ve ark. çalışmalarında da benzer şekilde en sık kullanılan bitkisel ürünlerin pekmez, nane-limon, bitki çayları, zeytinyağı olduğunu tespit etmişlerdir (Tuncel et al. 2014).

Bitkisel ürünlerin terapötik kullanımları ve yan etkileri konusunda yeterli randomize kontrollü çalışma bulunmamaktadır. Bitkisel ürünler sitokrom P450 enzimlerinin inhibisyonu veya indüksiyonu ile ilaçların metabolizmalarını değiştirebilirler (Kalkan 2017). Bu enzim ile metabolize olan anesteziik ilaçların etkinliğinde azalma veya artma sonucu peroperatif hemodinamik instabilite, kanama, uyanıklık, ağrı ve yara iyileşmesinde gecikme gibi komplikasyonlar gelişebilir (Skinner and Rangasami 2002) (Onyeka et al. 2012). Bu nedenle kullanılan bitkilerin türünün tespit edilip preoperatif dönemde önerilen süre boyunca kullanımının durdurulması önemlidir (Bajwa and Panda 2012) (King et al. 2009) (Views 2006).

Sonuç olarak aileler çocuklarının sağlık problemlerinin çözümünde bitkisel ürünleri tercih edebilmektedirler. Ancak zararsız olduğu algısıyla hekimlerine bildirmemektedirler. Bu nedenle anesteziistlerin preoperatif değerlendirmelerinde aileleri ve hastaları özellikle sorgulamaları gereklidir. Bitkisel ürün kullanımının tespitinde gerekli uyarıların yapılması peroperatif ve postoperatif komplikasyonların engellenmesinde hayati önem arz etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Akçay, Duygu, and Ayla Yıldırımlar. 2018. "Çocuklarda Tamamlayıcı ve Alternatif Tedavi Kullanımı ve Ebeveyn Bilgilerinin Değerlendirilmesi." *The journal of child* (March).
- Araz, Nilgun, and Selda Bulbul. 2011. "Use of Complementary and Alternative Medicine in a Pediatric Population in Southern Turkey." *Clinical and Investigative Medicine* 34(1): 21–29.
- Babayigit, Arzu Hocaoglu. 2015. "High Usage of Complementary and Alternative Medicine among Turkish Asthmatic Children." *Iranian Journal of Allergy, Asthma and Immunology* 14(4): 410–15.
- Bahar, Zuhail et al. 2013. "Herbal Therapies Used by Hypertensive Patients in Turkey." *African journal of traditional, complementary, and alternative medicines: AJTCAM / African Networks on Ethnomedicines* 10(2): 292–98.
- Bajwa, Sukhminder JitSingh, and Aparajita Panda. 2012. "Alternative Medicine and Anesthesia: Implications and Considerations in Daily Practice." *AYU (An International Quarterly Journal of Research in Ayurveda)* 33(4): 475.
- Bayraktar, Selcan, Belgin Yavaşcaoglu, and Gürayten Özyurt. 2014. "Opere Edilecek Olgularda Bitkisel Ürün Kullanımının Değerlendirilmesi." 40(3): 137–41.
- Bitkisel, Çocuklarda et al. 2017. "Derleme Bebek ve Çocuklarda Bitkisel Destekler Hacettepe Üniversitesi , Sağlık Bilimleri Fakültesi , Beslenme ve Diyetetik Bölümü , Ankara Review Botanical Dietary Supplements for Pediatrics Use of Botanical Dietary Supplements in Infants and Children And." : 30–45.
- Bozkaya, Özlem G İ R A Y et al. 2008. "Anne Babaların Çocuklarında Uyguladıkları Alternatif Tıp Yöntemleri." *Dokuz Eylül Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi* 22(3): 129–35.
- Canter, Peter H., and Edzard Ernst. 2004. "Herbal Supplement Use by Persons Aged over 50 Years in Britain: Frequently Used Herbs, Concomitant Use of Herbs, Nutritional Supplements and Prescription Drugs, Rate of Informing Doctors and Potential for Negative Interactions." *Drugs and Aging* 21(9): 597–605.
- Caydam, Ozden Dedeli, and Ayfer Karadakovan. 2011. "Investigation of Complementary and Alternative Medicine Practice and Drug Use in the Elderly Yaşlı Bireylerde İlaç Kullanımı , Tamamlayıcı ve Alternatif Tedavi Uygulamalarının İncelenmesi Investigation of Complementary and Alternative Medic." (January).
- Harris, P. E., K. L. Cooper, C. Relton, and K. J. Thomas. 2012. "Prevalence of Complementary and Alternative Medicine (CAM) Use by the General Population: A Systematic Review and Update." *International Journal of Clinical Practice* 66(10): 924–39.



- Kalkan, Şule. 2017. "Derleme Bitkisel Ürünlerle Tedavilerde İlaç Etkileşimleri." *Deü TıpFakültesiDergisi*: 49–58.
- King, Allison R., Flint S. Russett, Joyce A. Generali, and Dennis W. Grauer. 2009. "Evaluation and Implications of Natural Product Use in Preoperative Patients: A Retrospective Review." *BMC Complementary and Alternative Medicine* 9: 38.
- Lennox, Pamela H., and Cynthia L. Henderson. 2003. "Herbal Medicine Use Is Frequent in Ambulatory Surgery Patients in Vancouver Canada." *Canadian Journal of Anesthesia* 50(1): 21–25.
- M. Ayşin TAŞAR, E. Derya POTUR, Nursel KARA, İlknur BOSTANCI, Yıldız DALLAR. 2011. "DüşükGelirDüzeyineSahiAilelerin Çocuklarına Tamamlayıcı VeyaAlternatif Tıp Uygulamaları: AnkaraHastanesiVerileri the Complementary or Alternative Medicine Practices in Children of Low-Income Families : Data of Ankara Hospital." 5(2): 81–88.
- Marquardt, Peter, Karin Kaft, and Karen Nieber. 2015. "Klinische Studien Mit Pflanzlichen Arzneimitteln Bei Kindern – Eine Literaturrecherche." *Wiener Medizinische Wochenschrift* 165(11–12): 236–42.
- McFarland, Bentson et al. 2002. "Complementary and Alternative Medicine Use in Canada and the United States." *American Journal of Public Health* 92(10): 1616–18.
- Onyeka, Tonia C. et al. 2012. "Herbal Medicine: A Survey of Use in Nigerian Presurgical Patients Booked for Ambulatory Anaesthesia." *BMC Complementary and Alternative Medicine* 12(1): 1. BMC Complementary and Alternative Medicine.
- Özatamer, Oya, Ankara Üniversitesi, Tıp Fakültesi, and Reanimasyon Ad. 2011. "ANESTEZİDEİİtkileşimleri." 19(3): 137–53.
- Ozturk, Candan, and Gonca Karayagiz. 2008. "Exploration of the Use of Complementary and Alternative Medicine among Turkish Children." *Journal of Clinical Nursing* 17(19): 2558–64.
- Pınar, Neslihan, Meyli Topaloğlu, Cahit Özer, and Harun Alp. 2017. "Herbal Supplement Usage in Cardiac Patients." *Türk Kardiyoloji Dernegi Arsivi* 45(7): 614–22.
- Sağlık Bakanlığı. 2014. "GELENEKSEL VE TAMAMLAYICI TIP UYGULAMALARI YÖNETMELİĞİ." <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=20164&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5> (September 23, 2020).
- Şimşek, Burcu et al. 2017. "Mapping Traditional Complementary Medicine in Turkey." *European Journal of Integrative Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2017.09.006>.
- Skinner, C M, and J Rangasami. 2002. "Preoperative Use of Herbal Medicines : A Patient Survey." *British Journal of Anaesthesia* 89(5): 792–95. <http://dx.doi.org/10.1093/bja/aef256>.
- Tulunay, Munevver, Cenk Aypak, Hulya Yikilkan, and Suleyman Gorpelioglu. 2015. "Herbal Medicine Use among Turkish Patients with Chronic Diseases." *Journal of Intercultural Ethnopharmacology* 4(3): 217.
- Tuncel, Tuba et al. 2014. "Use of Complementary and Alternative Medicine in Children Who Have No Chronic Disease." *Türk Pediatri Arsivi* 49(2): 148–53.
- Uchida, Keiichi et al. 2013. "Complementary and Alternative Medicine Use by Japanese Children with Pediatric Surgical Diseases." *Open Journal of Pediatrics* 03(02): 49–53.
- Velanovich, Vic, Nadim Hallal, and Monty Shah. 2006. "Patterns of Usage of Complementary and Alternative Medicine in General Surgical Patients." *International Journal of Surgery* 4(4): 206–11.
- Views, Editorial. 2006. "Herbal Medicines and Perioperative Care." (3): 441–48.
- Zhang, Yuanting, Elizabeth B. Fein, and Sara B. Fein. 2011. "Feeding of Dietary Botanical Supplements and Teas to Infants in the United States." *Pediatrics* 127(6): 1060–66.

## Farklı kaplama yöntemleri ile kalsitin yüzey modifikasyonu, kompaund üretimi ve mekanik özelliklerinin araştırılması

Öner Yusuf Toraman<sup>1,2\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3585-7023>), Orkun Ersoy<sup>3</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4163-8428>), Şennur Neşe Sevmez<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye

<sup>2</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Endüstriyel Hammaddeler ve Yapı Malzemeleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Niğde/Türkiye

<sup>3</sup>Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara/Türkiye

<sup>4</sup>Mertaş Mikronize Yapı Kimyasalları A.Ş., Niğde/Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [otoraman@ohu.edu.tr](mailto:otoraman@ohu.edu.tr)

### Özet

Kalsit mineralinin doğal hidrofil (su sever) yapıda olması nedeni ile ince ve çok ince boyutlara öğütüldükten sonra dolgu minerali olarak özellikle plastikte doğrudan kullanılması pek mümkün olamamaktadır. Bu nedenle, hidrofil mikronize kalsit ürünlerinin bir yüzey kaplama metodu ile hidrofob (su sever) hale getirilmeleri gerekmektedir. Bu çalışmada; Mertaş A.Ş. (Niğde)'de endüstriyel mikser (ısıtmalı-karıştırmalı ekipman) ile yapılan kaplama sonucu elde edilen MRT5C kaplı ürün ( $d_{50}=4,34 \mu\text{m}$ ) ile laboratuvarında karıştırmalı değirmende mekanik aktivasyon ile elde edilen MRT5K kaplı ürün ( $d_{50}=4,3 \mu\text{m}$ ) kullanılarak çift burgulu ekstrüderde elde edilen kompaund granül ürünlerin tomografi görüntü analizleri ve mekanik testleri yapılarak her iki kaplama işleminin performansı mukayese edilmiştir. Kaplama teknolojisinin uygun olması halinde daha düşük oranlardaki kaplamaların kalsitin plastik içerisinde daha iyi disperse olmasına neden olduğu bu çalışma kapsamında yapılan tomografi analizleri ile ortaya konulmuştur.

**Anahtar kelimeler:** Kalsit, kaplama yöntemi, kompaund, dispersiyon, mekanik özellikler

### Surface modification of calcite by different coating methods, compound production and investigation of mechanical properties

#### Abstract

Calcite mineral is unlikely to be used directly as a filler mineral especially after being finely divided into fine and ultrafine sizes due to its natural hydrophilic structure. For this reason, hydrophilic micronised calcite products need to be made hydrophobic by a surface coating method. In this study, MRT5C coated product ( $d_{50}=4,34 \mu\text{m}$ ) obtained by coating with an industrial mixer (heated-stirred equipment) of Mertaş Co. (Niğde) and MRT5K coated product ( $d_{50}=4,3 \mu\text{m}$ ) obtained by mechanically activating in the laboratory stirred ball mill. The performance of the two coating processes was compared by performing tomographic image analysis and mechanical tests of the compound granule products obtained in the double-screw extruder. In the case of coating with an industrial mixer lead to a better dispersion of the calcite in lower coating rates.

**Keywords:** Calcite, coating method, compound, dispersion, mechanical properties

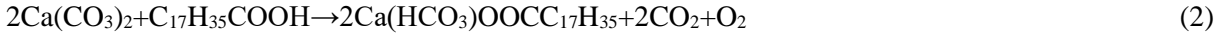
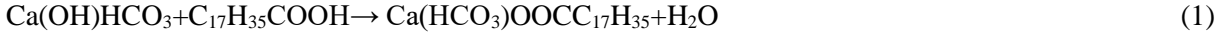
#### GİRİŞ

Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) mineralinin doğal su sevmez yapıda olması, ince ve çok ince boyutlara öğütüldükten sonra özellikle plastik sektöründe kullanımını sınırlamaktadır. Bu nedenle, mikronize kalsit ürünlerinin yüzey aktif maddeler kullanarak yüzey modifikasyonu (kaplama) ile su sevmez hale getirilmeleri gerekmektedir. Ancak bu sayede organik yapıdaki polimer ile inorganik matriks olan dolgu minerali birleşebilmektedir.

Öte yandan, yüzey aktif madde (stearik asit gibi) ve mineral taneleri arasındaki etkileşimi açıklayan, kimyasal bağlar teorisi, süzülme, yüzey enerjisi, deforme olabilir tabaka ve bağlayıcı tabaka gibi çeşitli görüşler bulunmaktadır. Ancak, bunlar arasında kimyasal bağ teorisi pek çok deneysel çalışma sonuçları ile açıklanabilmekte ve çoğu bilim adamı tarafından kabul görmektedir. Literatürde birçok araştırmacı tarafından kalsitin kaplanması üzerine farklı kimyasallar ve yöntemler kullanılarak çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yine, stearik asidin kalsit yüzeyinde hidroksil gruplarla hidrojen bağı oluşturduğu, kalsiyum karbonat ile stearik asit arasında kimyasal bir etkileşim olduğu ve stearik asidin hidroksil grupların kalsit yüzeyindeki hidroksil

gruplarla ester bağları oluşturabildiğini belirtmiştir. Kalsit yüzeyi kısmi hidrasyon yoluyla karbonat anyonları dışında genellikle OH<sup>-</sup> ve HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> gruplarını taşır.

Literatürde; kalsit kaplamada asit molekülünün anyon tipine bakılmaksızın her bir kalsiyum katyonuna tutunduğu, stearik asit moleküllerinin kalsiyum stearat bikarbonat elde etmek için kalsit yüzeyindeki her bir Ca<sup>+2</sup> iyonu ile reaksiyona girdiği belirtilmiştir (Jeong ve ark., 2009) (Eşitlik 1 ve 2).



## KAPLAMA TEKNOLOJİLERİ

Günümüzde kalsitin kaplanmasında;

- Raymond değirmenler
- pimli değirmenler ve
- ısıtmalı karıştırılmalı ekipmanlar

gibi konvansiyonel değirmenler/ekipmanlar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Ayrıca; mekanik aktivasyon ile yüzey kaplaması gerçekleştirilen değirmenler (Titreşimli, jet, yörüngesel ve karıştırılmalı bilyalı değirmenler gibi) de bulunmaktadır.

Aşağıda mekanik aktivasyon prosesi ve kullanılan ekipmanlar sunulmaktadır.

### *Mekanik aktivasyon prosesi ve ekipmanlar*

Mekanik aktivasyon işlemi, belirli boyut ve şekillerde partiküller oluşturmak, yüzey alanını arttırmak, kimyasal reaksiyon gibi daha sonra gerçekleşecek işlemler için gerekli olacak katılardaki hataların oluşumunu teşvik etmek amacıyla yapılmaktadır. Endüstriyel tesislerde, tane boyutu küçüldükçe tanelerin kırılmaya karşı olan dirençlerinin artmasıyla birlikte tüketilen enerji miktarları da artmaktadır. Bu nedenle, en az enerji ile en fazla boyut küçültmenin yolları araştırılmıştır. Mekano-kimyadaki “yüksek enerjili öğütme” terimi, uygulanan öğütme ekipmanının karakteristiğini vurgulamak için kullanılmaktadır. Yüksek enerjili öğütme ile sağlanan mekanik enerji kimyasal enerjiye dönüşmekte ve bir kimyasal reaksiyonun başlatılmasında gerekli olan etkileşimleri sağlamaktadır. Böylece, kristal yapıların bozulması ile tanecik sayısı artmakta, yeni aktif yüzeyler oluşmakta ve katı haldeki reaksiyon girdileri için gerekli olan kütle transferi artmaktadır (Nasser ve Mingelgrin, 2012; Tunç ve ark., 2013).

Bu amaçla kullanılan değirmenler ise şunlardır:

- Titreşimli değirmenler
- Jet değirmenler
- Yörüngesel (planeter) değirmenler
- Karıştırılmalı bilyalı değirmenler

### *Tomografi görüntüleme tekniği*

Makroskobik özelliklerde önemli değişiklikleri elde etmek için, mikron boyutunda yüksek hacimlerde dolgu gerekmektedir. Dolguların özellikleri üzerindeki etkileri büyük oranda, dolgunun türüne, tane boyu ve şekline, agrega boyutuna, dolgu oranına, yüzey karakteristiklerine, dağılım (dispersiyon) derecesine bağlı olmaktadır.

Dolgu dispersiyonunun mikro-partiküller açısından incelenmesi için optik mikroskoplar ve ilişkili teknik ürünler yeterli olurken, nano-partiküllerin incelenmesinde taramalı elektron mikroskobu (SEM), geçirimsiz elektron mikroskobu (TEM) ve atomsal kuvvet mikroskobu (AFM) kullanılmaktadır. Ancak; SEM, TEM ve AFM ile yapılan çalışmalardan elde edilen bilgilerde tartışılmalı 2 durum söz konusu olmaktadır.

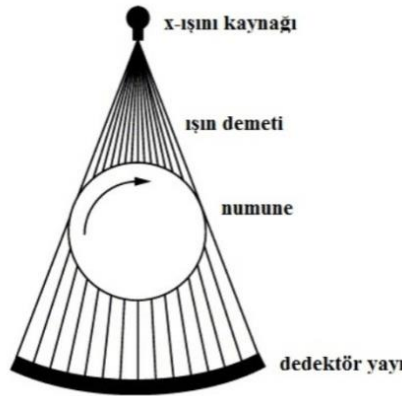
i) Numunenin küçük bir alanında yapılan incelemenin ve buradan elde edilen bilginin tüm numuneyi temsil edip etmediği şüphelidir. Özellikle az sayıda görüntü üzerinde yapılan inceleme sonucunda istatistiksel olarak tüm numuneyi temsil edemeyecek sonuçlar elde edilebilmektedir.

ii) Dolgu malzemelerinin dispersiyon dereceleri üzerinedir. Aslında dispersiyon dolgu malzemesinin boyutuna bağlı olarak mikron seviyeden başlayarak nano seviyeye kadar incelenmeli, yani farklı boyutlarda karakterize edilebilmelidir. Literatürde dolgu dispersiyonu derecesi için yapılmış olan tanımlamalar yeteri kadar açık ve

açıklayıcı olmamakta, bu konunun daha detaylı tartışılmasına ve analiz edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Paul ve Robeson, 2008).

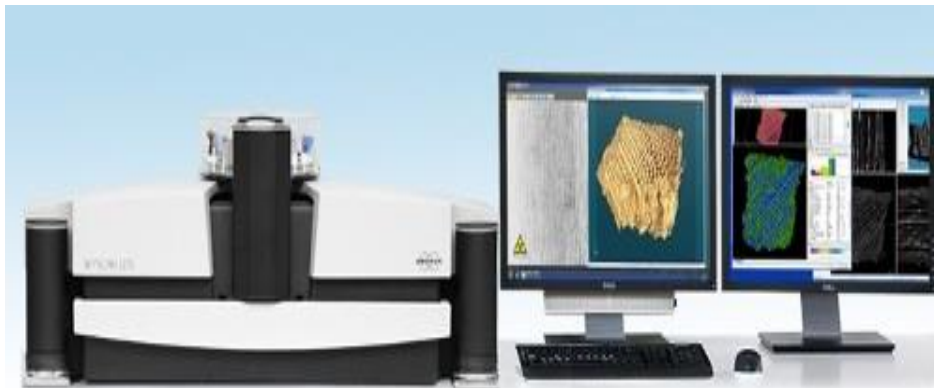
Literatürde dispersiyonun kantitatif olarak tane merkezlerinden öte tane yüzeyleri arasındaki serbest gidim boşluğu (free-pathspacing) ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Bu taneler arasındaki benzer boşluk değerleri daha yüksek derecede dispersiyona işaret etmektedir. Bu çalışmada, çift vidalı ekstrüder yardımı ile üretilmiş olan kompaundlardaki dispersiyon derecesi, kalitatif ve kantitatif olarak, günümüzde artık birçok çalışmada kendine yer bulan, farklı çözünürlüklerde ve boyutlarda inceleme imkanı veren mikro-tomografi yöntemi ile karakterize edilmeye çalışılacaktır (Ersoy ve ark., 2010; Huri ve ark., 2011).

Bilgisayarlı tomografi (CT) bir objenin iç yapısını tahribatsız biçimde üç boyutta görüntüleyen ve ölçen bir tekniktir. Tüm CT sistemleri çeşitli yollar boyunca seyahat eden x-ışınları ile objenin aydınlatılması ve bu yollar boyunca ışın yoğunluğundaki azalmayı ölçmek için tasarlanmıştır. Bilinen CT görüntülemesinde uygulanan fiziksel prensip, x-ışınlarının atenuasyonu temeline dayanmaktadır. Sıkça kullanılan bir konfigürasyonda, taranacak olan obje eş düzlemlerle x-ışınlarının yelpaze ışın demeti içerisinde yerleştirilmektedir (Şekil 1). Örnek içerisinde geçen x-ışınlarının atenuasyonları bir dedektör yayı tarafından ölçülmektedir (Ketcham ve Carlson, 2005).



Şekil 1. X-ışını kaynağına aydınlatılan numune ve dedektör yayı (Ketcham ve Carlson, 2005)

CT'ler hiyerarşik biyolojik görüntüleme yeteneklerine sahiptir ve izotropik çözünürlükleri türlerine göre değişmektedir. Klinik CT'lerde birkaç milimetre,  $\mu$ CT'lerde birkaç mikrometre, senkrotron radyasyonu nano-CT'lerde 100 nm'ye kadar çözünürlükler elde edilebilmektedir. Ancak mikrotomografi teknolojisindeki baş döndüren ilerlemeler sonrasında günümüzde senkrotron radyasyonu nano-CT'lerin çözünürlüklerine yaklaşan masa üstü nano-CT cihazları üretilmektedir. Masaüstü  $\mu$ CT olarak da bilinen kompakt cihazlarda birkaç mm den 200 mm'ye kadar çaptaki numuneler görüntülenebilmektedir. Numunelerin uzunlukları da 200 mm'ye kadar çıkabilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Bruker (Skyscan) marka yüksek çözünürlüklü masa üstü  $\mu$ CT (www.bruker.com)

## MATERYAL VE METOD

### Materyal

Mertaş A.Ş. kalsit numunesine ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1 ve Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kalsit numunenin fiziksel özellikleri

Özellik	Değer
Sertlik (Moh’s)	3
Yoğunluk	2,7
Beyazlık	%98,5
Parlaklık	%97
Nem	%0,3
Yağ emme	%16
DOP yağ emme	%18

**Tablo 2.** Kalsit numunenin kimyasal özellikleri

Element	İçerik (%)
CaO	54,25
MgO	0,43
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20
SiO <sub>2</sub>	0,88
CO <sub>2</sub>	44,14
CaCO <sub>3</sub>	98,39

Kaplamada kullanılan ve bir tür yağ asidi olan stearik asidin kimyasal özellikleri Tablo 3’te ve MRT5 orijinal mikronize ürünün tane boyut dağılımı ise Tablo 4’te verilmiştir.

**Tablo 3.** Kaplama kimyasalının bazı özellikleri

Kimyasal	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Kimyasal formülü	Molekül ağırlığı (g/mol)	Erime sıcaklığı (°C)
Stearik asit	0.94	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	284.48	70

**Tablo 4.** MRT5 orijinal mikronize ürünün boyut dağılımı

Orijinal ürün	Tane boyut dağılımı			
	d50 (µm)	d97(µm)	-2 mm (µm)	d100 (µm)
MRT5	5,44	24,27	26,27	45,71

## METOD

### *Kaplama oranı*

Kaplama oranı analizi mikronize kalsit tesislerinde belirli periyotlarla kaplı kalsit ürünleri için kalite kontrol amaçlı yapılan bir testtir. Endüstriyel ölçekte mikronize kalsit ürünleri genellikle stearik asit ile kaplanması ve bu kimyasalın ortalama 383°C buharlaşma ısısına sahip olması sebebi ile kaplanmış kalsitin nemi alındıktan sonra 400°C'de kül fırınında bir saat bekletildikten sonra kütle kaybı hesabına dayalı olarak kaplama oranı değeri hesaplanmaktadır (Eşitlik 3):

$$\text{Kaplama Oranı (\%)} = [(\text{Toplam kütle kaybı}/\text{Numune miktarı})] \times 100 \quad (3)$$

Elde edilen sonuçlar kaplamada kullanılan ton başına stearik asit esas alınarak değerlendirilmektedir. Örneğin; 6 kg/ton stearik asit kullanılarak kaplanmış bir mikronize kalsit ürününün, kaplama oranının %0,6 civarında çıkması beklenir. Bu test TGA (Termo-gravimetrik analiz) analizinin tesis ölçeğinde basitleştirilmiş bir şekli olarak değerlendirilebilir (Uçurum, 2014).

### *Kompaund üretimi*

Kaplı ürünler üzerinde yapılan kompaund üretimleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Araştırma Merkezindeki Nanokompozit laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bunun için yerli üretim çift burgulu ekstrüder kullanılmıştır (Şekil 3). 18 mm çift burgulu 44 L/D kovan yapısına sahip olan ekstrüderde %60 ve %70 kalsit dolgululu düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) içeren kompaundlar üretilmiş, granülatör yardımı ile granüller halinde kesilmiştir.



Şekil 3. Çift burgulu ekstrüder

### *Mikro-tomografi*

Tomografilerin çekimi Bruker marka mikro tomografi cihazı ile yapılmıştır (Şekil 4). Görüntülerin elde edilmesi sırasında granüller tomografi cihazı içerisinde 0,4 derecelik açı ile döndürülmüş her açıda görüntü alınmıştır. Elde edilen görüntülerin çözünürlükleri 1 µm dir. Polikromatik x-ışınından kaynaklanan defektlerin önüne geçmek adına kaynağın önüne 0,5 mm kalınlığında alüminyum filtre takılmıştır. Her bir granülün tomografi çekimi yaklaşık 4 saat sürmektedir.



Şekil 4. Bruker marka mikro tomografi cihazı

### Mekanik testler

Mertaş A.Ş. firmasının endüstriyel boyutta mikser kullanarak kapladığı MRT5C kodlu ürünle ve bu çalışma kapsamında dik değirmen kullanılarak kaplanan MRT5K kodlu ürünler kullanılarak kompaundlar üretilmiştir (Şekil 5). %50 polimer %50 kalsit olacak biçimde üretilen kompaundlardan ve saf polimerden (%100 polimer) mekanik testler için numune hazırlanmıştır. Numune hazırlama işlemi Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Nanokompozit Laboratuvarında bulunan sıcak pres ve numune kalıbı kullanılarak yapılmıştır. Her örnekten 5'er adet test numunesi hazırlanmıştır. Mekanik testler için uygun boyuttaki numuneler ODTÜ Malzeme ve Metalurji Mühendisliği Bölümüne gönderilmiştir. ODTÜ'deki laboratuvarlarda bulunan çekme-kopma test cihazları ile söz konusu numuneler üzerinde mekanik testler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. Mekanik testler için hazırlanan numunelerden bazıları

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Tane boyut dağılımı

Mertaş A.Ş. kaplama ünitesinde (mikser)(MRT5C) ve laboratuvarında karıştırılmalı bilyalı değirmende elde edilmiş kaplı ürünlere (MRT5K) ait tane boyut analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Buna göre, MRT5C 4,34 mikron, MRT5K ise 4,3 mikron ortalama tane boyutuna sahiptir.

Tablo 5. Kaplı ürünlere ait tane boyut dağılımı analizi sonuçları

Kaplı ürünler	Tane boyut dağılımı			
	d50 (µm)	d97(µm)	-2 mm (µm)	d100 (µm)
MRT5C	4,34	18,88	30,93	34,67
MRT5K	4,3	20,37	32,55	39,81

### Kaplama oranı

Tablo 6'da Eşitlik 3'te verilen formülasyon ile hesaplanan kaplı ürünlere ait kaplama oranları verilmiştir. Buna göre, tesisteki kaplama oranı %0,46 gibi düşük düzeyde iken, laboratuvardaki kaplama oranı %1,15 olarak gerçekleşmiştir.

**Tablo 6.** Kaplı ürünlere ait kaplama oranları

<i>Kaplı ürünler</i>	<i>Kaplama oranı (%)</i>
MRT5C	4,6
MRT5K	11,5

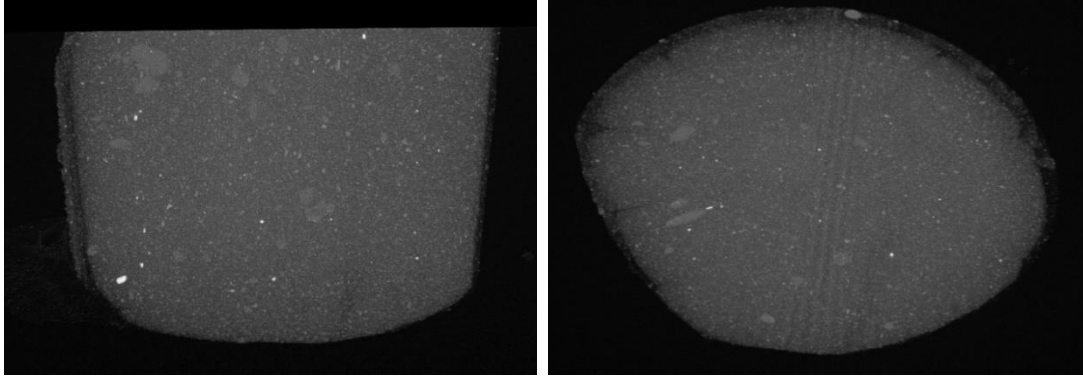
### ***Kompaund üretimi***

Kompaund üretim aşamasında Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE) ile belirli oranlarda (%60) kaplı kalsit çift burgulu ekstrüdere beslenmiş ve granül ürünler elde edilmiştir. Bu aşamada ekstrüder kafasından çıkan ürün 20°C'lik soğutma banyosundan geçirilerek peletleyicide pelet (granül) haline getirilmiştir. Yaklaşık %60 dolgu içeren kompaund numunelerinden birinde besleme hassasiyetini ölçmek adına kül testi yapılmış içerisinde %58 kalsit dolgusunun olduğu görülmüştür. Bu değer besleme hassasiyeti açısından kabul edilebilir bir değerdir.

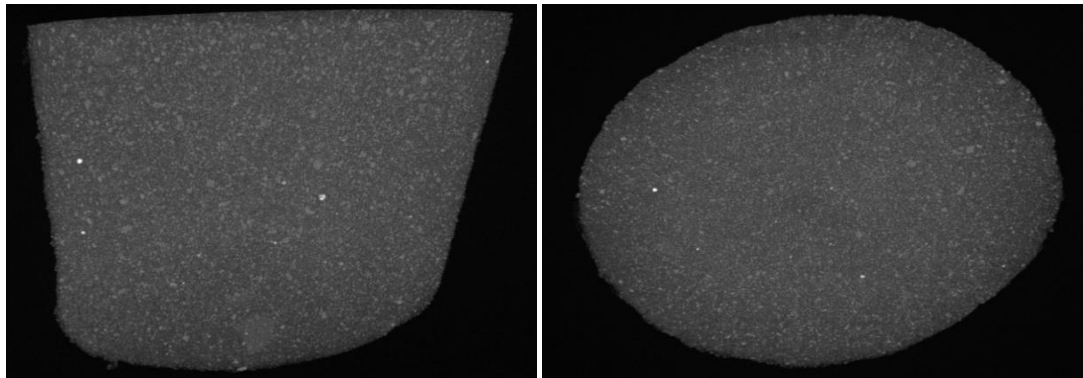
### ***Tomografi görüntüleme***

Çalışma kapsamında çift burgulu ekstrüder kullanılarak %60 oranlarında kalsit içeren 2 adet kompaund üretimi yapılmış, kompaundların tomografi yardımı ile elde edilen binlerce görüntüsünden üç boyutlu modelleri oluşturulmuş ve polimer içerisindeki kalsitin baskın biçimde görülebilmesi için Maximum Intensity Projection (MIP) uygulanmıştır.

Laboratuvar ölçekte karıştırmalı bilyalı değirmen ile kaplanan Mertaş5K örneğiyle yapılan %60 dolgulu kompaundda (%10 kaplanma) saçılımın iyi sağlanmadığı, kalsitin polimer içerisinde iyi dağılmadığı, topaklanmanın olduğu ve yer yer kalsit içermeyen polimer kısımlarının bulunduğu görülmüştür (Şekil 6). Endüstriyel ölçekte mikser ile kaplanan Mertaş5C örneğiyle yapılan %60 dolgulu kompaundda (%4,6 oranında kaplanmasına rağmen) ise, saçılımın iyi olduğu, kalsitin polimer içerisinde iyi dağıldığı, topaklanmanın çok az olduğu ve kalsit içermeyen polimer kısımlarının yer almadığı görülmüştür (Şekil 7).



**Şekil 6.** MRT5K ile yapılan kompaundun mikro tomografi görüntüsü



**Şekil 7.** MRT5C ile yapılan kompaundun mikro tomografi görüntüsü

Görüntülerden anlaşılan farklılığın sayısal olarak ifade edilebilmesi için kantitatif bir yöntem geliştirilmiştir. Yapısal analiz yöntemi ile dispersiyon hakkında bir değer elde edilmeye çalışılmıştır.



Yapısal analizler sıklıkla trabeküler kemik çalışmalarında kullanılan analizlerdir. Bu nedenle CTAn yazılımı terimlerin kemik ve doku çalışmalarında kullanılan terimler ve bilimsel terimler olarak kullanılabilmesine olanak vermektedir. Yazılımın Tercihler (Preferences) kısmında Genel (General) sekmesinde isimlendirmeler (Nomenclature) American Society for Bone and Mineral Research'e uygun kemik terimleri veya genel bilimsel terimler şeklinde seçilebilmektedir. Yapısal Model İndeksi (YMI) 3D yapı içerisinde çubuk veya plaka şeklinde yapıların varlığını ortaya koymaya yarayan bir indekstir. İdeal bir plaka "0" YMI değerine sahipken, silindirik "3", küre "4" YMI değerlerine sahiptir. YMI değerleri eğer küresel bir katkı malzemesi kullanılıyorsa küre şeklindeki mikro partiküllerin kompaund içindeki bolluğu hakkında bilgi verebileceğinden önemlidir. Topaklanma olmadan küresel mikro-partiküllerin kompaund içinde bağımsız dağılımları "4" değerine yakın YMI değerleri sunacağından dispersiyon hakkında da bilgi verebilecektir. Wollastonit, cam elyafı gibi lifsi veya çubuksu katkıların varlığı yine YMI değeriyle ortaya konulabilmektedir (Ersoy, 2016).

Yapısal Kalınlık (YK) 3D kalınlığı belirten bir değer sunmaktadır. İlk önce her bir yapının medyal eksenlerini tanımlayan "iskeletleştirme-skeletonisation" algoritması uygulanmakta, daha sonra eksen boyunca yer alan her vokselde "küre-yerleştirme/sphere-fitting" lokal kalınlık ölçümü yapılmaktadır. Kemik çalışmalarında "Trabeküler Kalınlık-Trabecular Thickness" olarak hesaplanan bu değer, genel bilimsel adlandırmada Yapısal Kalınlık olarak CTAn yardımı ile ölçülmektedir. Yapısal Boşluk-Structure Separation (YP) VOI içerisinde eşikleme sonrası elde edilen siyah/beyaz görüntüdeki boşlukların (siyah) kalınlığıdır. Yazılım tarafından ölçümü aynı Yapısal Kalınlık gibi ölçülür sadece solid vokseller yerine boşluk ölçülmektedir. Kemik çalışmalarında bu değer Trabeküler Boşluk-Trabecular Separation olarak adlandırılır. Yapısal Doğrusal Yoğunluk-Structure Linear Density (YDY) terimi kemik çalışmalarında çok önemli bir terim olan Trabeküler Sayıya (Trabecular Number) denk gelmektedir. Elde edilen değer VOI boyunca rastgele seçilmiş bir yol üzerinde her bir birim uzunlukta yapı üzerinde aykırılıkların sayısıdır. Alternatif olarak bu değer aşağıdaki formülle de ortaya koyulabilir (Bruker, 2019) (Eşitlik 4):

$$YDY=1/ (YK+YP) \quad (4)$$

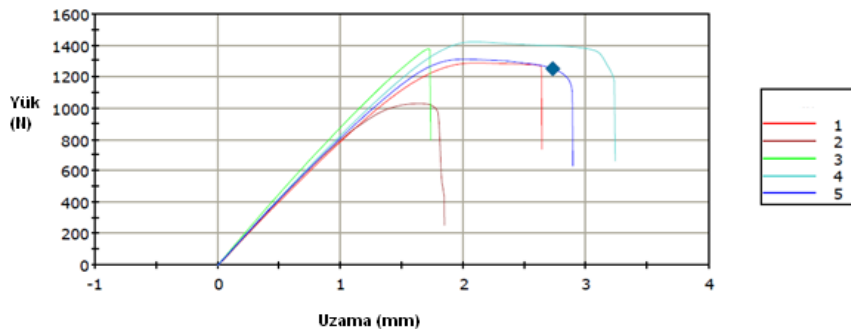
Çalışma sonunca YDY değerlerinin kötü dispersiyon için düşük değerleri iyi dispersiyon için daha yüksek değerler sunduğu görülmüştür. Topaklanma ve minerallerin agrega oluşturması muhtemelen Yapısal Kalınlık (YK) değerlerini artırmış, yukarıdaki formülde ters ilişkisi nedeniyle artan YK düşük YDY değerlerine neden olmuştur. Yine topaklanma ve homojen dağılamamanın etkisi ile mineral tanecikleri arasında farklı aralıklar meydana gelmiş, belli bölgelerde biriken taneler arasındaki daha yüksek aralık değerleri Yapısal Boşluk (YB) değerinin de yükselmesine neden olmuştur. Yüksek YB değerleri yine formüldeki ters ilişki nedeniyle düşük YDY değerlerine neden olmuştur.

Kalitatif olarak da tanımlanabilen iyi ve kötü dispersiyon YDY değeri ile kantitatif hale getirilmeye çalışılmıştır. İyi dispersiyona sahip olan mineraller içeren kompaundda hesaplanan YDY değerleri 0,001 değerlerine yakınken, kötü disperse olmuş mineral içeren kompaundlarda bu değer 0,0002'ye yakın ölçülmüştür.

### **Mekanik testler**

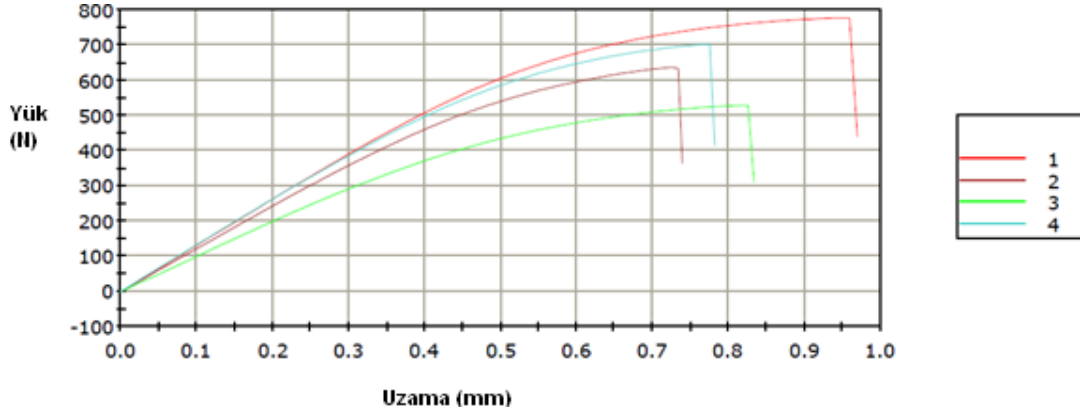
Polimer malzemeler genellikle çekme dayanımlarına, uzamalarına ve çekme modüllerine göre kıyaslanırlar. Çekme uzaması ve çekme modülü polimer malzemenin özelliklerinin bilinmesi bakımından belirleyici faktörlerdir.

Numunelerin uygulanan yükler (N) altında uzama davranışları karakterize edilmiştir. Saf polimerin yaklaşık 1,5-3,5 mm arasında uzama değerleri gösterdiği görülmüştür (Şekil 8).

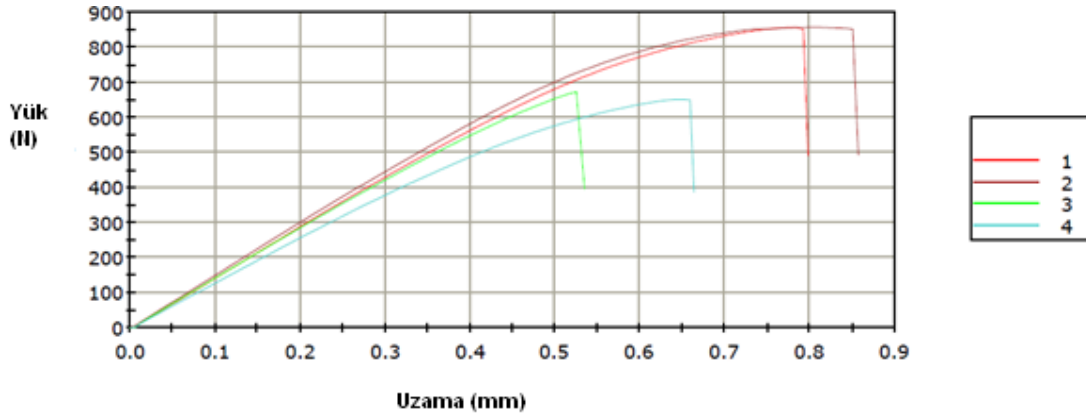


**Şekil 8.** Saf polimerin yük altında kopmadan önce elde ettiği uzama değerleri

Kalsit katkılı numunelerde uzama değerlerinde saf polimere göre beklendiği biçimde bir düşüş elde edilmiş ancak iki farklı kalsit ile yapılan kompaund numunelerinde önemli bir fark elde edilememiştir (Şekil 9 ve Şekil 10).

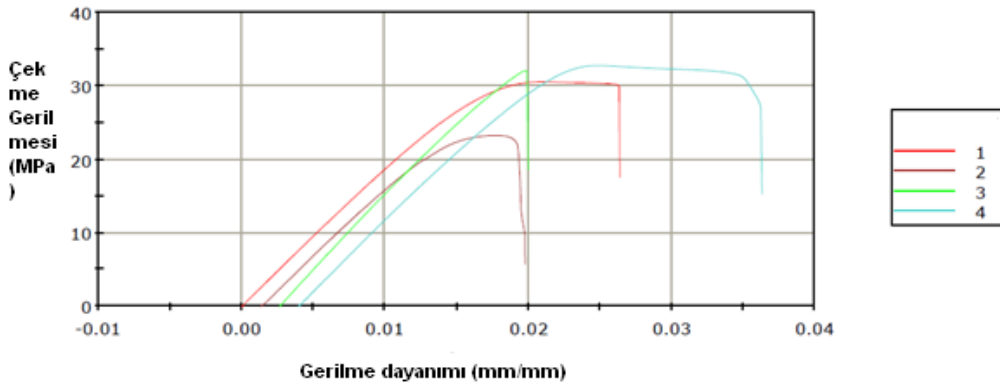


Şekil 9. MRT5K yük altında kopmadan önceki uzama değerleri



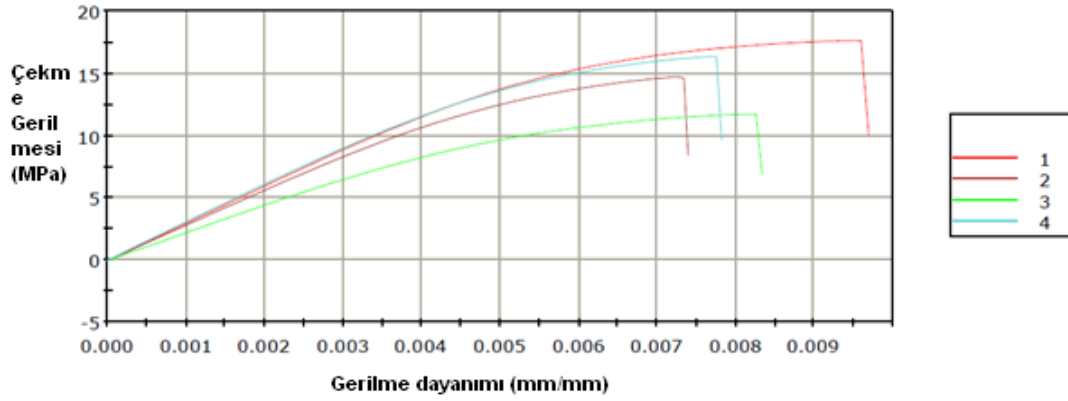
Şekil 10. MRT5C yük altında kopmadan önceki uzama değerleri

Çekme gerilimi değerlerine bakıldığında saf polimerde 30 MPa civarında bir değer elde edilmiştir (Şekil 11). Aynı sonuç grafiğinde saf polimerin 0,02-0,04 mm/mm arasında gerilme dayanımı sunduğu görülmüştür.



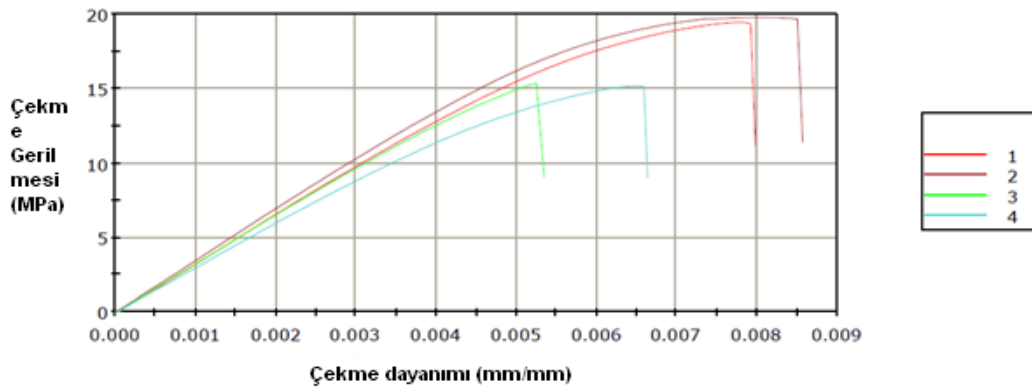
Şekil 11. Saf polimerin gerilme dayanımı

MRT5K kodlu laboratuvarında dik değirmenle kaplanan kalsitle yapılan numunede 0,007-0,010 mm/mm arasında gerilme dayanımları, 11-17 MPa arasında çekme gerilim değerleri elde edilebilmiştir (Şekil 12).



Şekil 12. MRT5K gerilme dayanımı

MRT5C kodlu Mertaş A.Ş. tarafından mikserle kaplanan kalsitle yapılan numunede 15-19 MPa arasında çekme gerilmesi, 0,005 ila 0,010 mm/mm arasında gerilme dayanımları elde edilmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. MRT5C gerilme dayanımı

Çekme elastik modülüne baktığımızda eklenen kalsit katkısının pozitif etkisi görülmektedir. Saf polimerde 1,9-2,2 GPa arasında çekme elastik modülü değerleri elde edilebilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Saf polimerin mekanik test sonuçları

No	Maksimum Çekme Gerilmesi (MPa)	Maksimum Çekme Dayanımı (mm/mm)	Young Modülü (GPa)	Modül (Young Gerilme dayanımı 0.0005 mm/mm-0.0025 mm/mm) (MPa)
1	30.55219	-	1.93963	1951.92762
2	23.25463	-	1.92918	1966.15052
3	32.05457	-	2.14273	2173.64894
4	32.75942	-	1.98966	1998.75673
5	33.61234	-	2.19045	2208.60448

Her iki kalsit ile üretilen kompaund numunelerinde de saf polimere göre yüksek çekme elastik modülü elde edilmiştir. Kalsit katkılı iki numune karşılaştırılacak olursa Mertaş A.Ş. tesisinde mikserle daha düşük stearik asit oranı ile kaplanan kalsitle yapılan numunenin laboratuvarında dik değirmenle daha yüksek oranda kaplanan kalsitle yapılan numuneden daha yüksek çekme elastik modülüne sahip olduğu görülmüştür (Tablo 8 ve 9). Yaklaşık %1,15 oranıyla kaplanmasına rağmen MRT5K kodlu kalsit kompaund içerisinde daha düşük elastik modüle neden olmuştur (2,2-3 GPa arası). Yaklaşık %0,46 oranıyla endüstriyel boyutta mikserle kaplanan MRT5C kodlu kalsitle üretilen kompaundda daha yüksek modül değeri sağlamıştır (3-3,3 GPa arası).

Kaplama teknolojisinin uygun olması halinde daha düşük oranlardaki kaplamaların kalsitin plastik içerisinde daha iyi disperse olmasına (dağılmasına) neden olduğu bu çalışma kapsamında yapılan tomografi analizleri ile ortaya konulmuştur. Uygun yöntemle daha az oranda kaplanan kalsitin polimerle daha iyi bağlanarak mekanik özellikleri daha yüksek oranda kaplanana göre daha fazla iyileştirmesi de mekanik testlerle ortaya çıkmıştır.

**Tablo 8.** MRT5K kodlu numunenin mekanik test sonuçları

No	Maksimum Çekme Gerilmesi (MPa)	Maksimum Çekme Dayanımı (mm/mm)	Young Modülü (GPa)	Modül (Young Gerilme dayanımı 0.0005 mm/mm-0.0025 mm/mm) (MPa)
1	17.60814	0.00968	3003.53109	3013.06760
2	14.70312	0.00739	2844.92973	2821.15713
3	11.72431	0.00833	2213.29209	2241.70474
4	16.31339	0.00781	3070.11534	3053.13021

**Tablo 9.** MRT5C kodlu numunenin mekanik test sonuçları

No	Maksimum Çekme Gerilmesi (MPa)	Maksimum Çekme Dayanımı (mm/mm)	Young Modülü (GPa)	Modül (Young Gerilme dayanımı 0.0005 mm/mm-0.0025 mm/mm) (MPa)
1	19.43851	0.00797	3345.24131	3360.59963
2	19.76825	0.00856	3484.67318	3509.39635
3	15.36594	0.00534	3314.47423	3302.47348
4	15.17334	0.00663	3032.59840	3039.42389

Tablo 10'da sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Tablo 10.** Mekanik test sonuçları (toplu)

Ürün	Uzama (mm)	Çekme Gerilmesi (MPa)	Çekme Dayanımı (mm/mm)	Young Modülü (GPa)
Polimer	1,5-3,5	30.55-32.05	-	1.9-2.2
MRT5C	0,55-0,85	15.17-19.76	0.0053-0.0085	3-3.3
MRT5K	0,75-0,95	11.72-17.60	0.0074-0.0097	2.2-3

## SONUÇ

Bu çalışmada, Mertaş A.Ş.'ye ait tesiste endüstriyel mikser ile yapılan kaplama sonucu elde edilen MRT5C kaplı ürün ile laboratuvarında karıştırmalı bilyalı değirmende mekanik aktivasyon ile elde edilen MRT5K kaplı ürün kullanılarak çift burgulu ekstrüderde elde edilen kompaund granül ürünlerin tomografi görüntü analizleri ve mekanik testleri yapılarak her iki kaplamanın performansı mukayese edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir:

1. MRT5 mikronize ürünü  $d_{50}=5,44 \mu\text{m}$  ve MRT5C kaplı ürün  $d_{50}=4,34 \mu\text{m}$  olup, kaplama sonrası yüzey modifikasyonu ile malzeme bir miktar daha öğündüğünden,  $d_{50}=4,3 \mu\text{m}$  (MRT5K) olan kaplı ürün elde edilmiştir.
2. Laboratuvar ölçekte karıştırmalı bilyalı değirmen ile kaplanan MRT5K örneğiyle yapılan %60 dolgulu kompaundda (%10 kaplanma) saçılımın iyi sağlanmadığı, kalsitin polimer içerisinde iyi dağılmadığı, topaklanmanın olduğu ve yer yer kalsit içermeyen polimer kısımlarının bulunduğu görülmüş,

endüstriyel ölçekte mikser ile kaplanan MRT5C örneğiyle yapılan %60 dolgulu kompaundda (%4,6 oranında kaplanmasına rağmen) ise, saçılımın iyi olduğu, kalsitin polimer içerisinde iyi dağıldığı, topaklanmanın çok az olduğu ve kalsit içermeyen polimer kısımlarının yer almadığı görülmüştür.

3. Saf polimerin yaklaşık 1,5-3,5 mm arasında uzama değerleri gösterdiği, MRT5K ürününden elde edilen kompaundun 0,75-0,95 mm ve MRT5C ürününden elde edilen kompaundun ise 0,55-0,85 mm uzama değerleri elde edilmiştir.
4. Saf polimerde 23-33 MPa civarında bir çekme gerilmesi değeri, MRT5K ürününden elde edilen kompaundun ise 0,007-0,010 mm/mm arasında çekme dayanımı ve 11-17 MPa arasında çekme gerilmesi değerleri ve MRT5C ürününden elde edilen kompaundun ise 0,005-0,008 mm/mm arasında çekme dayanımı ve 15-19 MPa arasında çekme gerilmesi değerleri elde edilebilmiştir.
5. Saf polimerde 1,9-2,2 GPa arasında çekme elastik modüle, MRT5K ürününden elde edilen kompaundun 2,2-3 GPa arası elastik modüle ve MRT5C ürününden elde edilen kompaundun ise 3-3,5 GPa arası elastik modüle neden olmuştur.
6. Sonuç olarak, etkin bir kaplama teknolojisi ile daha düşük stearik asit oranlarında yapılan kaplamaların kalsitin plastik içerisinde daha iyi disperse olmasına neden olduğu, asit miktarının optimize edilerek polimerdeki dispersiyonun ve dolayısıyla ürün mekanik özelliklerinin geliştirilebileceği ve aynı zamanda tesis maliyetlerinin düşürülebileceği bu çalışma kapsamında ortaya konulmuştur.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, KOSGEB desteği ile yürütülmüş olan Ar-Ge ve İnovasyon projesinin (2017-2018) sonuçlarını içermekte olup, yazarlar mali desteğinden dolayı KOSGEB'e, numune temini için Mertaş A.Ş.'ye, çeşitli test ve analizler için Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Endüstriyel Hammaddeler ve Yapı Malzemeleri Uygulama ve Araştırma Merkezi ve Kompozit Laboratuvarı çalışanlarına teşekkür ederler.

## KAYNAKLAR

- Baek CS, Cho KH, Ahn JW 2014. Effect of grain size and replacement ratio on the plastic properties of precipitated calcium carbonate using limestone as raw material. *Journal of the Korean Ceramic Society*, 51(2): 127-131.
- Bruker 2019. Morphometric parameters measured by Skyscan™ CTanalyser software. <http://bruker-microct.com/next/CTAn03.pdf>.
- Che C, Teng CC, Su SF, Wu WC, Yang CH 2005. Effect of microscale calcium carbonate and nanoscale calcium carbonate on the fusion, thermal, and mechanical characterizations of rigid poly(vinyl chloride)/calcium carbonate composites, p.451-457.
- Ersoy O 2016. Plastik kompaundlarda mikro-tomografi ile dispersiyon tayini. Ulusal  $\mu$ -CT Yaz Okulu. 30 Mayıs-03 Haziran 2016.
- Ersoy O, Şen E, Aydar E, Tatar İ, Çelik HH 2010. Surface area and volume measurements of volcanic ash particles using micro-computed tomography (micro-CT): A comparison with scanning electron microscope (SEM) stereoscopic imaging and geometric considerations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 196 (3-4): 281-286.
- Huri E, Tatar İ, Germiyanoglu C, Karakan T, Çelik HH, Ersoy O 2011. Evaluation of urinary stones ex vivo with micro- computed tomography. *Urology Journal*, 8(3), 185-190.
- Jeong SB, Yang YC, Chae YB, Kim BG 2009. Characteristics of the treated ground calcium carbonate powder with stearic acid using the dry process coating system. *Materials Transactions*, 50 (2): 409-414.
- Jinghua C, Yuexin H, Xianxue L, Zehong W 2009. Surface modification of calcium carbonate nanoparticles with titanate coupling agent. *The Sixth International Conference on Measurement and Control of Granular Materials*, p.628-632.
- Ketcham RA, Carlson WD 2001. Acquisition, optimization and interpretation of X-ray computed tomographic imagery: applications to the geosciences. *Comput. Geosci.*, 27: 381-400.
- Luo ZP, Koo JH 2007. Quantifying the dispersion of mixture microstructures. *Journal of Microscopy*, 225: 118-125.
- Nasser A, Mingelgrin U 2012. Mechanochemistry: A review of surface reactions and environmental applications. *Applied Clay Science*, 67-68: 141-150.
- Paul DR, Robeson LM 2008 Polymer nanotechnology: Nanocomposites. *Polymer*, 49(15): 3187-3204.

- Sheng Y, Zhou J, Tao N, Yu K, Tian Y, Wang Z 2004. Influence of octadecylid hydrogen phosphate on the formation of active super-fine calcium carbonate. *Journal of Colloid and Interface Science*, 272: 326-329.
- Tunç T, Toplan, HÖ, Yıldız K 2013. Thermal behavior of mechanically activated sepiolite. *The Online Journal of Science and Technology*, 3(2): 187-193.
- Uçurum M 2014. Kaplı kalsit üretimi ve ürün özellikleri. *MT Bilimsel*, 3(6): 1-10.
- Villarreal-Lucio DS, Rivera-Armenta JL, Martines-Hernandez AL, Velasco-Santos C, Guerrero-Contreras J, Estarda-Moreno IA, Mendoza-Martinez AM, 2014. Particle size effect on nano-caco<sub>3</sub> thermal and mechanical properties on a nano-CaCO<sub>3</sub>-pp composite. *Third US-Mexico Meeting “Advances in Polymer Science”*, 5 p.
- Wu W, Lu S 2003. Mechano-chemical surface modification of calcium carbonate particles by polymer grafting. *Powder Technology*, 137: 41-48.

## Kalsitin dikey karıştırılmalı bilyalı değirmende kaplanması ve plastik kompozitte performansının araştırılması

Öner Yusuf Toraman<sup>1,2\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3585-7023>), Esra Eren<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Niğde/Türkiye

<sup>2</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Endüstriyel Hammaddeler ve Yapı Malzemeleri Uygulama ve Araştırma Merkezi, Niğde/Türkiye

<sup>3</sup>Anadolu Mikronize A.Ş., Niğde/Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: otoraman@ohu.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada; Niğde Bölgesi kalsitlerinden elde edilen Anadolu Mikronize A.Ş. 'ye ait 3 adet mikronize kalsit ürünün (KALSİT01, KALSİT02 ve KALSİT03) laboratuvar ölçekli karıştırılmalı bilyalı değirmen teknolojisi ile kuru öğütme şartlarında öğütme+kaplama ve elde edilen kaplı nihai ürünlerinin incelik, yüzey alanı, renk, parlaklık, sarılık, kaplama oranı vb. özelliklerindeki değişimler araştırılmış olup ayrıca çift burgulu ekstrüderde elde edilen plastik kompozitlerin mekanik özellikleri tespit edilmiştir. Kaplama deneyleri sonrası ürünlerin (KAPLIKALSİT01, KAPLIKALSİT02, KAPLIKALSİT03) tane boyutlarında öğütmeye bağlı olarak %27-57 arası, yüzey alanlarında ise %21-34 arası artışlar tespit edilmiştir. Ayrıca ürünler üzerinde yapılan renk analizleri sonucunda parlaklık değerlerinde bir miktar azalma gözlenirken, beyazlık değerlerinde bir miktar artış ve sarılık değerlerinde ise belirgin azalmalar tespit edilmiştir. Her 3 numune için de kaplama oranları %67-88 arası elde edilmiştir. KAPLIKALSİT01 örneğiyle yapılan %50 dolgulu kompaundda (~%9 kaplama oranı) SEM görüntülerine göre saçılımın iyi sağlandığı, kalsitin polimer içerisinde iyi dağıldığı, topaklanmanın çok az olduğu ve kalsit içermeyen polimer kısımlarının yer almadığı görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Kalsit, mikronize öğütme, yüzey modifikasyonu, plastik kompozit, dispersiyon

**Coating of calcite in vertical stirred ball mill and investigation of its performance in plastic composite**

### Abstract

In this study; grinding+coating in dry grinding conditions with laboratory scale stirred ball mill technology of 3 micronized calcite products (KALSİT01, KALSİT02 and KALSİT03) belonging to Anadolu Mikronize Co. color, brightness, yellowness, coating rate etc. The changes in their properties were investigated and also the mechanical properties of the plastic composites obtained in the double screw extruder were determined. After the coating tests, increases in the grain sizes of the products (KAPLIKALSİT01, KAPLIKALSİT02, KAPLIKALSİT03) depending on the grinding, between 27-57% and the surface areas between 21-34% were determined. In addition, as a result of the color analysis performed on the products, a slight decrease was observed in the brightness values, a slight increase in the whiteness values and a significant decrease in the yellowness values. Coating rates of 67-88% were obtained for all 3 samples. It was observed that the 50% filled compound made with the KAPLIKALSİT01 sample (~9% coating rate) showed good dispersion according to the SEM images, the calcite was well dispersed in the polymer, there was little agglomeration and the polymer parts that did not contain calcite were not included.

**Keywords:** Calcite, micronized grinding, surface modification, plastic composite, dispersion

### GİRİŞ

Kalsit, kalsiyum karbonatın (CaCO<sub>3</sub>) en duraylı polimorfu olup, yaygın kullanılan bir endüstriyel mineraldir. Ülkemizdeki kalsitler, kalite ve rezerv açısından zengin, yüksek CaCO<sub>3</sub> içeriği, düşük silis ve demir oranı ve yüksek beyazlık derecelerine sahiptir. Plastik sanayi hızla büyümekte ve kalsitin plastik sektöründeki kullanımı artarak devam etmektedir. Ülkemizin Avrupa'da 2. sırada, Dünyada ise 5. sırada yer aldığı bu sektörde plastik içerisine (PE, PP, PVC gibi) dolgu minerali olarak yaygın kullanılmaktadır. Yaygın kullanımının en önemli nedeni ekonomik bir dolgu malzemesi olmasıdır. Yüzey kaplama işlemleri mikronize kalsit tesisleri için önemli proseslerden birisidir ve kalsitin hidrofil (su sever) yapısının yüzey kaplaması ile hidrofob (su sevmez) hale getirilmesini amaçlamaktadır. Nihai ürün maliyetlerinin azaltılmasının yollarından biri olan mineral dolgu kullanımı, kompozit üretim sürecinde ve nihai üründe sıkıntılar meydana getirmektedir. Polimer (organik malzeme) ile organik olmayan mineral arasında yüzey gerilimi bulunmakta olup, bundan

dolayı yüksek mekanik-fiziksel özellikler elde etmek amacıyla minerallerin çeşitli kimyasal ajanlarla (yağ asitleri, titanatlar, zirkonatlar, silanlar vb.) kaplanması gerekmektedir.

Tane boyunun küçülmesi ile birlikte adhezyon kuvvetleri, ayrılma kuvvetlerinden daha büyük duruma gelerek kompozit içinde kalsit topaklanmaları oluşur. Mikronize kalsitin topaklandığı alanlar kompozitte kırılmaların olduğu zayıf zonları oluşturur, bu da son ürünün mekanik özelliklerinde çok önemli sorunlara yol açmaktadır. Kaplı kalsit, hidrofobik (su sevmez) yapısı, düşük yüzey enerjisi ve polaritesi ile birlikte kolay dispersiyon (dağılma), yüksek homojenizasyon ve daha parlak ve düzgün yüzey oluşumu sağlamaktadır.

Plastik üreticileri mikronize kalsiti maliyeti azaltıcı dolgu maddesi olarak polimer içerisine %80 oranlarına kadar katmaktadırlar. Ancak uygulamada; polimer içerisinde kalsitin topaklanması ve iyi disperse olmaması nihai üründe birtakım mekanik özelliklerde kayıplara sebep olmaktadır. Topaklanmaya neden olan yüksek yüzey enerjisini ve tane-tane etkileşimini minimuma indirmek için yağ asitleri, fosfatlar, silanlar, titanatlar veya zirkonatlar gibi çeşitli yüzey aktif maddelerle kaplanması gerekmektedir. Kaplamanın performansının (daha az kaplama kimyasalı kullanılarak daha etkili kaplama gerçekleştirilmesi gibi) iyileştirilmesi ile ürün maliyeti azalacak ve katma değeri artacağından gerek sektördeki firmalar açısından gerekse ulusal ekonomi için önem arz etmektedir.

Literatüre bakıldığında; Mihajlovic ve ark. (2013) titreşimli değirmende kuru ve yağ koşullarda stearik asit ile kalsitin yüzey kaplamasını çalışmış, yağ ve kuru kaplamanın farklı mekanizmalarla gerçekleştiğini, yağ metotta %1.5 ve kuru metotta %3 stearik asit (SA) oranında %100 “aktive oranı”na ulaşıldığı tespit edilmiştir. Kuru kaplamada surfaktan (yüzey gerilimini azaltan madde) iyonlarının kalsit yüzeyine kimyasal olarak daha düşük oranda adsorblandığı ve dolayısıyla daha çok stearik asit konsantrasyonunda çalışıldığı belirtilmiştir. Jeong ve ark. (2009) jet değirmende kalsiyum karbonat üzerinde stearik asitle kuru bazda öğütme ve yüzey modifikasyonu çalışmıştır. Bu çalışmada, temas açısı ve adsorpsiyon ölçümleri ile yüzey özellikleri belirlenmiş, stearik asitle modifiye edilmiş ürünlerin özellikleri (yoğunluk, porozite, akıcılık, adhezyon gibi) tespit edilmiştir. Deepika ve Chen (2014) yörüngesel değirmende kuru koşullarda stearik asit (SA) ile PCC-çöktürülmüş kalsitin yüzey kaplamasını çalışmış, stearik asidin kalsitin yüzey özelliklerini değiştirerek su sevmez hale getirdiğini belirtmiştir. Kaplamanın başarısı Raman spektroskopisi ve SAXS (Küçük açılı x-ışını saçılması) ile yüzey kaplama kalınlığı ölçülerek tespit edilmiştir.

Mekano-kimyasal yüzey modifikasyonu ile kalsiyum karbonatın karıştırılmalı bilyalı değirmende yağ koşullarda çeşitli modifikasyon çalışmaları yapılmıştır (Ding ve ark., 2007; Uçurum ve Yoğurtcuoğlu, 2010a; Uçurum ve Yoğurtcuoğlu, 2010b; Yoğurtcuoğlu ve Uçurum, 2011). Söz konusu çalışmalarda dodesil sülfat (SDS) (Yang vd., 2009), sodyum stearat (SDS) (Ding vd., 2007; Uçurum ve Yoğurtcuoğlu, 2010a; Yoğurtcuoğlu ve Uçurum, 2011) ve sodyum oleat (Wu ve Lu, 2003) kullanılmıştır. Wu ve Lu (2003) tarafından karıştırılmalı değirmende kalsiyum karbonatın aşılama yöntemi ile yüzey modifikasyonu kuru olarak gerçekleştirilmiştir.

Uçurum ve Malgır (2017) tarafından  $d_{50}=2,45$   $\mu\text{m}$  olan mikronize kalsit kullanılarak yapılan kalsit kaplama çalışmalarında beş farklı stearik asit tipinin kaplı kalsitte önemli bir gösterge olan aktive oranı ile birlikte kaplama oranı, renk parametreleri ve tap yoğunlukları kullanılarak dik karıştırılmalı bilyeli değirmende karşılaştırmalı deneysel çalışmaları yapılmıştır. Yoğurtcuoğlu ve Uçurum (2011), dik karıştırılmalı yağ bilyeli değirmende sodyum oleat kullanarak beş çalışma parametresinin etkisi istatistikî olarak konmuştur. Deneysel  $d_{10}=1,71$   $\mu\text{m}$ ,  $d_{50}=3,58$   $\mu\text{m}$  ve  $d_{90}=7,70$   $\mu\text{m}$  ve özgül yüzey alanı  $0,972$   $\text{m}^2/\text{g}$  olan mikronize kalsit kullanılmıştır. Karıştırılmalı bilyeli değirmende pülpün kendi pH'ında, %50 pülp katı oranında, %30'u 1-1,2 mm, %40'ı 1,8-2 mm ve %30'u 2,8-4 mm bilye boyut dağılımı oranlarında, %1,008 reaktif miktarı, 6,5 m/s karıştırma hızı, 11,30 dk karıştırma süresi, %22,7 kalsit/bilye oranı, %33,3 bilye doluluk oranı ile yapılan yüzey modifikasyonu sonrası mikronize kalsitin aktive oranı %0'dan %99,9'lara çıkartılmıştır. Ayrıca mikronize kalsitin inceliği daha aşağı seviyelere çekilerek özgül yüzey alanı  $2,59$   $\text{m}^2/\text{g}$ 'a yükseltilmiştir. Sodyum oleat ile modifiye edilmiş kalsit numunesi üzerinde de FT-IR, TG ve DTA analizleri yapılmıştır. Mihajlovic ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada toplam yüzey alanı  $4,8$   $\text{m}^2/\text{g}$  olan kalsit numunesinin yüzey modifikasyonu çalışmalarını stearik asit kullanarak yapmışlardır. Çalışılan bütün stearik asit oranlarından elde edilen deney ürünleri üzerinde TGA, DTA, SEM gibi analizler yapılarak ürünler incelenmiştir. Önerilen proseste kalsit kaplama için %1,5-2 arasında stearik asidin yeterli olacağı sonucuna varmışlardır. Hao vd. (2007) tarafından mekano-kimyasal yüzey modifikasyonu ile kalsiyum karbonatın yağ karıştırılmalı değirmende cam bilyeler kullanılarak modifikasyon çalışmaları yapılmıştır. Çalışmaların sonuçlarını değerlendirmek üzere IR spektrisi, X-ışını foto elektron spektroskopisi ile incelemeler yapmışlardır. Ayrıca elde edilen modifiye ürün bir polimer üretiminde de kullanılarak sonuçları irdelenmiştir. Sekulic ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada belirli oranlarda stearik asit kullanılarak kalsitin



modifikasyonunu araştırılmıştır. Elde edilen ürünlerin karakterizasyonu termal analiz (DTA, TGA), polarize mikroskop, IR analizi ve yüzdürme testleri kullanılarak yapılmıştır. Razaee ve ark. (2006a), üç farklı yağ asidi ile kalsitin yüzey modifikasyonunda sülfat iyonlarının etkisini araştırmışlardır. Daha sonra, yağ asidi çeşitlerinin adsorpsiyon değerleri incelenmiş, deney sonuçlarının değerlendirilmesinde TGA analizinden faydalanılmıştır. Razaee ve ark. (2006b), dört farklı yağ asidi kullanarak mika ve kalsit numuneleri üzerinde modifikasyon deneyleri yapmışlardır. Deney sonuçlarının değerlendirilmesinde Termogravimetrik analizlerden (TGA) yararlanılmıştır. Wu ve Lu (2003),  $d_{50}=7.01$  mikron tane iriliğinde kalsiyum karbonat numunesi karıştırmalı bilyeli değirmende zirkon bilyeler kullanılarak aşılama yöntemi ile yüzey modifikasyonu gerçekleştirilmişlerdir. Ürünlerin değerlendirilmesinde FT-IR, SEM ve XRF analizlerinden yararlanılmıştır.

Öte yandan, rekabetin yoğun olduğu endüstriyel mineral öğütme sektöründe özellikle mikronize öğütme ve kaplama prosesi ve nihai kaplı ürün özellikleri öne çıkmaktadır. Ülkemiz madencilik sanayinin rekabet gücünün artırılması için yapılan mikronize öğütme ve kaplama işlemi ve elde edilen ürünlerin geliştirilmesi son derece önemli olmaktadır.

Bu çalışmada; Niğde bölgesindeki kalsitin lab. ölçekli karıştırmalı bilyalı değirmen teknolojisi ile kuru öğütme şartlarında öğütme+kaplama ve elde edilen kaplı ürünler (incelik, yüzey alanı, renk, kaplama oranı vb.) ile çift burgulu ekstrüderden çıkan plastik kompozitlerin dispersiyon özellikleri araştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

### Materyal

Öğütme+kaplama testlerinde kullanılan mikronize kalsit örnekleri (3 adet) Niğde bölgesinde bulunan Anadolu Mikronize Madencilik A.Ş. firmasından 10'ar kg temin edilerek Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Maden Mühendisliği Bölümü Cevher Hazırlama laboratuvarına getirilmiştir. Numuneler üzerinde yapılan kimyasal karakterizasyon çalışmaları ve kalsitin fiziksel ve renk özellikleri sırasıyla Tablo 1, 2 ve 3'te belirtilmiştir.

**Tablo 1.** Kalsitin kimyasal bileşimi

İçerik	Oran (%)
CaCO <sub>3</sub>	99.5
MgCO <sub>3</sub>	0.2
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01
SiO <sub>2</sub>	0.01
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02

**Tablo 2.** Mikronize kalsit numunelerinin fiziksel özellikleri

	Gerçek yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Mohs sertliği	$d_{50}$ (µm)	$d_{97}$ (µm)	Özgül yüzey alanı (m <sup>2</sup> /g)
KALSİT01	2700	3	2,856	10,20	3,53
KALSİT02	2700	3	5,576	27,59	2,71
KALSİT03	2700	3	6,017	33,40	2,48

**Tablo 3.** Mikronize kalsit numunelerinin renk özellikleri

	C/2 Ry Parlaklık	Beyazlık	Sarıklık	L*	a*	b*
KAPLIKALSİT01	96,47	93,65	1,18	98,62	-0,02	0,64
KAPLIKALSİT02	95,47	91,27	1,80	98,22	0,02	0,95
KAPLIKALSİT03	95,07	90,04	2,16	98,06	0,04	1,14

Kaplama testlerinde kullanılan stearik asidin özellikleri Tablo 4’te; öğütme sıvısı ve öğütücü ortam bilyalarının özellikleri ise sırası ile Tablo 5 ve 6’da verilmiştir.

**Tablo 4.** Stearik asidin özellikleri (Mihajlovic ve ark., 2013)

Formülü	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>16</sub> COOH
Molekül ağırlığı, g/mol	284,47
Yoğunluğu, g/ml	0,847
Ayrışma sabiti, pKa	5,7
Suda çözünürlüğü, g/100 ml	0,034 (25°C) 0,1 (37°C)

**Tablo 5.** Öğütme sıvısının fiziksel özellikleri

	Grup	Kimyasal formül	Yoğunluk (g/m <sup>3</sup> )	Molekül ağırlığı (g/mol)	Viskozite (cP)
Trietanolamin (TEA)	Amin	C <sub>6</sub> H <sub>15</sub> NO <sub>3</sub>	1.12	149.19	921.0
Monoetilen glikol (MEG)	Glikol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	1.13	62.07	16.9
Gliserin (G)	Alkol	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O <sub>3</sub>	1.26	92.09	950.0

**Tablo 6.** Öğütücü ortam bilyanın fiziksel özellikleri

Bileşim	Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	Sertlik
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%95)+SiO <sub>2</sub> (%5)	3,6	>1200 HV

Deneysel 3 farklı öğütme sıvısı karışımları (%70 MEG+%15 TEA+%15 Glikol) kullanılmıştır.

Diğer yandan, öğütme+kaplama deneylerindeki test şartları Tablo 7’de verilmektedir.

**Tablo 7.** Deneysel şartlar

Değirmen tipi	Karıştırmalı bilyalı değirmen
Değirmen kapasitesi	1200 ml
Değirmen malzemesi	Çelik
Şaft malzemesi	Paslanmaz çelik
Bilya malzemesi	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Bilya yoğunluğu	3600 kg/m <sup>3</sup>
Bilya çapı	3-4 mm
Bilya miktarı	800 g
Bilya/kalsit oranı	8:1
Kalsit miktarı	200 g
Karıştırma hızı	1000 dev/dak (şaft)
Öğütme+kaplama süresi	10 dak

## Metod

### Kaplamada kullanılan değirmen

Öğütme+kaplama deneyleri yerli olarak imal edilen dikey tip karıştırırmalı bilyalı değirmende gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Numuneler belirlenen oranlarda (bilya/malzeme oranı: 8:1) değirmen haznesine beslenerek kaplama deneyleri gerçekleştirilir. Her deney sonrası öğütücü ortam ve malzeme değirmenden uzaklaştırılarak elek ile ürünlerden ayrılır.



Şekil 1. Karıştırırmalı bilyalı değirmen

Değirmenin teknik özellikleri Tablo 8'de verilmektedir.

Tablo 8. Değirmenin teknik özellikleri

Motor gücü	3 kW
Motor devri (max)	3000 dev/dak
Tank hacmi (şaft hariç)	1.35 l
Tank hacmi (şaft dahil)	1.2 l
Şaft tipi	pin
Şaft (disk) çapı	8,5 cm
Pin sayısı	5

### Tane boyut dağılımı ölçümü

Yaş Lazer Difraktometre yöntemiyle çalışan tane boyutu ölçüm cihazı Malvern 2000 Ver. 2.00 ile Hydro 2000 MU (Malvern Co., Ltd. UK) besleme malı ve öğütülmüş ürünlerin partikül boyut ve özgül yüzey alanı analizinde kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Malvern MasterSizer 2000 tane boyu ölçüm cihazı

Numunenin boyutlandırılması amacıyla numuneyi hazırlama esnasında dağıtıcı kimyasal (dispersan katkı) kullanılmıştır. Her bir deney üç kez tekrar edilmiş ve rapor edilen değerler ortalama değerler olarak alınmıştır.

### **Beyazlık ölçümü**

Öğütülmüş mikronize kalsit numuneleri Datacolor ELREPHO cihazında tek tek ölçülmüştür. Tane boyutuna bağlı olarak farklı renk parametreleri çıktısı alınmıştır (Şekil 3). Cihaza uygun numune kabına belirli miktar örnek doldurulur. Numune kabının üzerinden örnek, kare şeklinde kestirilmiş cam blok ile düzleştirilerek pürüzsüz bir yüzey oluşturulur. Numune kabı cihaza yerleştirilir. Program üzerindeki NEW Std butonuna tıklanarak test yapılacak örnekle ilgili bilgiler girilir. Daha sonra ölçüm gerçekleştirilir.

Cihazın vermiş olduğu değerlerin açılımı aşağıdaki gibidir:

WI: Whiteness Index (Beyazlık değeri)

YI: Yellowness Index (Sarılık değeri)

L\*: Lightness (Parlaklık değeri)

a\*: + kırmızılık / - yeşillik değeri

b\*: + mavilik / - sarılık değeri



**Şekil 3.** Datacolor ELREPHO beyazlık ölçüm cihazı

### **Kaplama oranı**

Bu analiz 400°C’de ısıtılmış kül fırınında (Şekil 4) 1 saat bırakıldıktan sonra kütle kaybı olarak hesaplanabilmektedir (Eşitlik 1):

$$\text{Kaplama oranı (\%)} = [(\text{Toplam kütle kaybı} / \text{Numune miktarı})] \times 100 \quad (1)$$

Hesaplama sonucunda kaplama işleminde kullanılan ton başına stearik asit miktarı esas alınarak değerlendirilme yapılmaktadır (Uçurum, 2012).



**Şekil 4.** Testlerde kullanılan kül fırını

### ***Kompaund üretimi***

Kaplı ürünler üzerinde yapılan kompaund üretimleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Araştırma Merkezindeki Nanokompozit laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bunun için yerli üretim çift burgulu ekstruder kullanılmıştır (Şekil 5). 18 mm çift burgulu 44 L/D kovan yapısına sahip olan ekstruderde %50 kalsit dolgululu düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) içeren kompaundlar üretilmiş (%50 kalsit+%50 LDPE), granülatör yardımı ile granüller halinde kesilmiştir.



**Şekil 5.** Çift burgulu ekstruder

### ***SEM görüntü analizi***

Taramalı elektron mikroskobu (SEM), yüzeye odaklanmış bir elektron demeti ile yüzeyi tarayarak, malzeme içindeki elementel içeriği nitel ve nicel olarak tespit edebilmektedir. Deneysel çalışmalarda; Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarında yer alan ve 150000 kat büyütme yapabilen Zeiss/Evo 40, EDAX Ametek modeli SEM cihazı kullanılmıştır.



**Şekil 6.** SEM görüntüleme cihazı

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

### ***Kaplı kalsit üretimi***

Tane boyutları birbirinden farklı 3 adet öğütülmüş doğal kalsiyum karbonat (mikronize kalsit) numuneleriyle laboratuvar tipi dikey karıştırıcı bilyalı değirmende öğütme ve yüzey kaplama işlemleri (kaplama) yapılmıştır (Şekil 7). Her bir deneyden sonra bilyalar ve öğütülmüş/kaplanmış malzemeler değirmenden uzaklaştırılarak elek ile birbirinden ayrılmıştır. Ayrılan kaplanmış kalsitte Malvern Mastersizer 2000 cihazında yapılan testler sonucunda tane boyutlarında ve özgül yüzey alanlarında değişimler olduğu gözlenmiştir. Birçok yapılan deneyler neticesinde taneler incelendiğinde stearik asit kullanımının da arttığı gözlenmiştir.



Şekil 7. Değirmende yapılan kaplama çalışmalarından görünüm

**Tablo 9.** Yüzeysel stearik asitle kaplanan mikronize kalsitin fiziksel özellikleri

	Gerçek Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Mohs sertliği	$d_{50}$ (µm)	$d_{97}$ (µm)	Özgül yüzey alanı (m <sup>2</sup> /g)
KAPLIKALSİT01	2700	3	2,091	10,17	4,47
KAPLIKALSİT02	2700	3	2,400	17,81	4,11
KAPLIKALSİT03	2700	3	2,763	15,46	3,69

Buna göre, kaplama öncesi KALSİT01 numunesinin ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) 2,856 µm iken 10 dakikalık öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) ise 2,091 µm'ye gerilemiştir. Bu ise, incelik olarak %27'lik bir artış anlamına gelmektedir. Yine aynı numune için özgül yüzey alanında (m<sup>2</sup>/g) %21'lik bir artış elde edilmiştir.

Öte yandan, kaplama öncesi KALSİT02 numunesinin ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) 5,576 µm iken 10 dakikalık öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) ise 2,400 µm'ye gerilemiştir. Bu ise ürün inceliğinde %57'lik bir artış anlamına gelmektedir. Yine aynı numune için özgül yüzey alanında (m<sup>2</sup>/g) %34'lük bir artış elde edilmiştir.

Ayrıca, kaplama öncesi KALSİT03 numunesinin ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) 6,017 µm iken 10 dakikalık öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) ise 2,763 µm'ye gerilemiştir. Bu incelik olarak %54'lük bir artış anlamına gelmektedir. Yine aynı numune için özgül yüzey alanında (m<sup>2</sup>/g) %32'lik bir artış elde edilmiştir.

Kalsitin yüzey kaplamasına bağlı olarak renk parametrelerinde de Datacolor Elrepho cihazında yapılan testler neticesinde doğal öğütülmüş mikronize kalsit numunesine nazaran farklılıklar olduğu görülmüştür. Stearik asit kullanımı ve değirmende öğütme etkisiyle renk değerlerinde (parlaklık, beyazlık vb.) azalmalar olmuştur (Tablo 10).

**Tablo 10.** Yüzey kaplaması (modifikasyonu) yapılmış mikronize kalsitin renk özellikleri

	C/2 Ry Parlaklık	Beyazlık	Sarıklık	L*	a*	b*
KAPLIKALSİT01	96,06	93,78	0,95	98,46	-0,03	0,52
KAPLIKALSİT02	93,93	92,49	0,57	97,60	-0,05	0,33
KAPLIKALSİT03	94,61	91,07	1,49	97,88	-0,01	0,80

Buna göre, kaplama öncesi KALSİT01 numunesinin C/2 Ry Parlaklık değeri 96,47 iken öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası bu değer 96,06 olmuştur. Bu durum kaplama sonrası parlaklık değerinde herhangi bir değişiklik olmadığı anlamına gelmektedir. Beyazlık değerlerinde de değişiklik gözlenmemiş üstelik sarılık değerinde bir miktar iyileşme bile olmuştur.

Öte yandan, kaplama öncesi KALSİT02 numunesinin C/2 Ry Parlaklık değeri 95,47 iken öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası bu değer 93,93 olmuştur. Bu durum kaplama sonrası parlaklık değerinde %1.6'lık bir değişim (azalma) olduğu anlamına gelmektedir. Beyazlık değerlerinde de bir miktar iyileşme gözlenmiş ve ayrıca sarılık değerinde 1,80 değerinden 0,57 değerine gerileme olmuştur.

Ayrıca, kaplama öncesi KALSİT02 numunesinin C/2 Ry Parlaklık değeri 95,07 iken öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası bu değer 94,61 olmuştur. Bu durum kaplama sonrası parlaklık değerinde %0,5'lik bir değişim (azalma) olduğu anlamına gelmektedir. Beyazlık değerlerinde de bir miktar iyileşme gözlenmiş ve ayrıca sarılık değerinde 2,16 değerinden 1,49 değerine gerileme olmuştur.

Yapılan işlemler sonucunda elde edilen kaplı kalsite bardak testi de uygulanmıştır. Bir miktar kaplı kalsit su dolu bardağa (yaklaşık 200 ml su ile dolu beher) atılarak hızlı bir biçimde çalkalanmış ve sudaki bulanıklık ve batan miktar gözlenmiştir (Şekil 8). Aktive oranı olarak da adlandırılan bu yöntem neticesinde kaplama kalitesi ile ilgili yorumlamalar yapılmıştır.



Şekil 8. Kaplı kalsite uygulanan bardak testi sonucu

Son olarak da kül fırınında testler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar (Tablo 11) daha öncesinde de açıklandığı üzere ton başına stearik asit kullanımı esas alınır. Kaplama oranları belirlenmiştir.

Tablo 11. Kaplı kalsitin kül fırın testi sonucu

	Kül fırın sıcaklığı (°C)	Kullanılan kalsit miktarı (gr)	Kaplama oranı (%)
KAPLIKALSİT01	400	1	0,88
KAPLIKALSİT02	400	1	0,80
KAPLIKALSİT03	400	1	0,67

Buna göre, kaplama sonrası KALSİT01 numunesinin %0,88'lik bir oranda kaplandığı anlaşılmaktadır. Başlangıçta %1'lik bir kaplama kimyasalı ilave edilmiş ve yüzey modifikasyonu sonrası %88'lik bir kaplanma oranına ulaşılmıştır.

Buna göre, kaplama sonrası KALSİT02 numunesinin %0,80'lik bir oranda kaplandığı anlaşılmaktadır. Başlangıçta %1'lik bir kaplama kimyasalı ilave edilmiş ve yüzey modifikasyonu sonrası %80'lik bir kaplanma oranına ulaşılmıştır.

Buna göre, kaplama sonrası KALSİT03 numunesinin %0,67'lik bir oranda kaplandığı anlaşılmaktadır. Başlangıçta %1'lik bir kaplama kimyasalı ilave edilmiş ve yüzey modifikasyonu sonrası %67'lik bir kaplanma oranına ulaşılmıştır. KALSİT03 numunesinin kaplama sonrası gerek tane iriliğinin diğer örneklerle göre daha fazla gerekse yüzey alanının görece daha düşük olması kaplama veriminde de düşük oran elde edilmesine sebep olmuştur.

Daha sonra, kaplanan kalsit numuneleri Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma laboratuvarında bulunan laboratuvar tipi çift burgulu ekstruder ile plastik kompaund haline getirilmiştir. Sonuçta plastik granüller elde edilmiştir. Elde edilen bulgular aşağıdaki bölümde verilmiştir.

### **Kompaund üretimi**

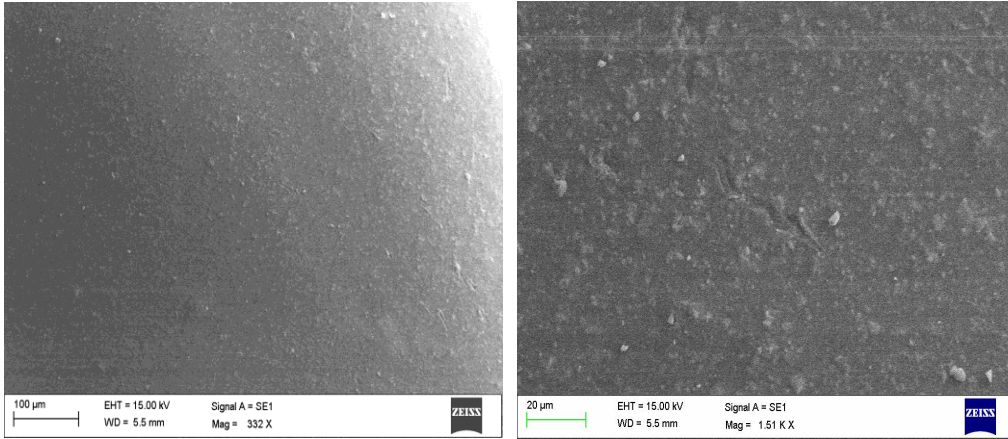
Kompaund üretim aşamasında Düşük Yoğunluklu Polietilen (LDPE) ile belirli oranlarda (%50) kaplı kalsit çift burgulu ekstrudere beslenmiş ve granül ürünler elde edilmiştir. Bu aşamada ekstruder (Şekil 9) kafasından çıkan ürün 20°C'lik soğutma banyosundan geçirilerek peletleyicide pelet (granül) haline getirilmiştir. %50 oranında mineral (kalsit) dolgu içeren kompaund numunelerinden birinde besleme hassasiyetini ölçmek adına kül testi yapılmış içerisinde %48 kalsit dolgusunun olduğu görülmüştür. Bu değer besleme hassasiyeti açısından kabul edilebilir bir değerdir.



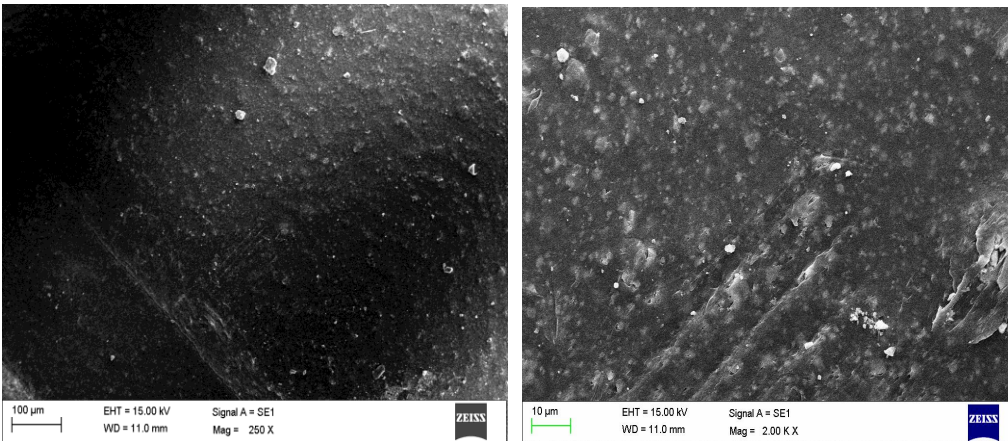
**Şekil 9.** Ekstruderde kompaund üretiminden görünüm

### **SEM görüntü analizi**

Kaplı kalsit ürünlerle yapılan kompaundların SEM görüntüleri Şekil 10, 11 ve 12'de verilmiştir.

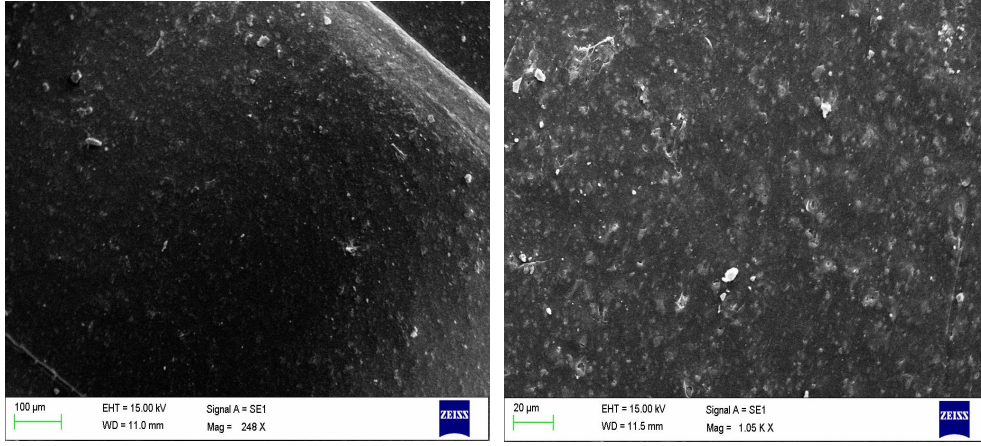


**Şekil 10.** KAPLIKALSİT01 ile yapılan kompaundun SEM görüntüleri



**Şekil 11.** KAPLIKALSİT02 ile yapılan kompaundun SEM görüntüleri

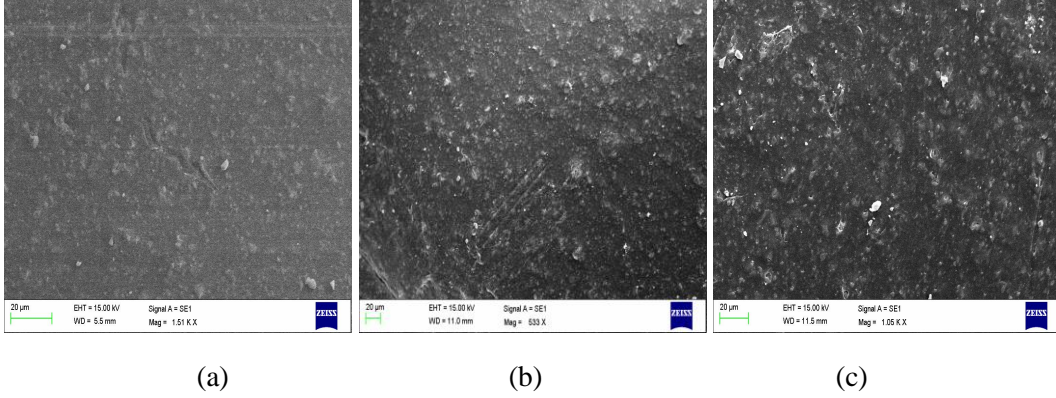




Şekil 12. KAPLIKALSİT03 ile yapılan kompaundun SEM görüntüleri

Her 3 örneğin (KAPLIKALSİT01, 02 ve 03) SEM görüntülerinin karşılaştırması Şekil 13’de verilmiştir. Ortalama tane boyutu ( $d_{50}$ ) 2,1 mikron ve  $d_{97}$  değeri 10,2 mikron olan KAPLIKALSİT01 numunesi ile yapılan kompaundun yer yer aglomeratlar içerse de diğerlerine kıyasla daha iyi dağıldığı görülmektedir (Şekil 13a).

Ortalama tane boyutu ( $d_{50}$ ) 2,4 mikron ve  $d_{97}$  değeri 17,8 mikron olan KAPLIKALSİT02 ve ortalama tane boyutu ( $d_{50}$ ) 2,8 mikron ve  $d_{97}$  değeri 15,5 mikron olan KAPLIKALSİT03 numuneleri ile yapılan kompaundun aglomeratlar içerdiği ve KAPLIKALSİT01’e göre daha kötü bir dispersiyon gösterdiği anlaşılmaktadır (Şekil 13b-c).



Şekil 13. Her 3 örneğin SEM görüntülerinin karşılaştırması

Deney sonuçları toplu olarak değerlendirildiğine elde edilen optimum sonuçlar Çizelge 10’da verilmiştir.

**Tablo 12.** Optimum deney sonuçları

Ürün Kodu	Mallvern Mastersizer 2000			Kül Testi	Mikrotomografi ve SEM
	$d_{50}$ ( $\mu\text{m}$ )	$d_{97}$ ( $\mu\text{m}$ )	Özgül yüzey alanı ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Steraik asitle kaplama oranı (%)	Dispersiyon özelliği
KAPLI KALSİT01	2,09	10,17	4,47	0,88	İyi

## SONUÇ

Kaplama öncesi KALSİT01 numunesinin ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) 2,856  $\mu\text{m}$  iken 10 dakikalık öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) ise 2,091  $\mu\text{m}$ 'ye gerilemiştir. Kaplama öncesi KALSİT02 numunesinin ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) 5,576  $\mu\text{m}$  iken 10 dakikalık öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) ise 2,400  $\mu\text{m}$ 'ye gerilemiştir. Kaplama öncesi KALSİT03 numunesinin ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) 6,017  $\mu\text{m}$  iken 10 dakikalık öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası ortalama tane iriliği ( $d_{50}$ ) ise 2,763  $\mu\text{m}$ 'ye gerilemiştir.

Kaplama öncesi KALSİT01 numunesinin C/2 Ry Parlaklık değeri 96,47 iken öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası bu değer 96,06 olmuştur. Bu durum kaplama sonrası parlaklık değerinde herhangi bir değişiklik olmadığı anlamına gelmektedir. Beyazlık değerlerinde de değişiklik gözlenmemiş üstelik sarılık değerinde bir miktar iyileşme bile olmuştur. Kaplama öncesi KALSİT02 numunesinin C/2 Ry Parlaklık değeri 95,47 iken öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası bu değer 93,93 olmuştur. Bu durum kaplama sonrası parlaklık değerinde %1,6'lık bir değişim (azalma) olduğu anlamına gelmektedir. Beyazlık değerlerinde de bir miktar iyileşme gözlenmiş ve ayrıca sarılık değerinde 1,80 değerinden 0,57 değerine gerileme olmuştur. Kaplama öncesi KALSİT03 numunesinin C/2 Ry Parlaklık değeri 95,07 iken öğütme+kaplama (yüzey modifikasyonu) işlemi sonrası bu değer 94,61 olmuştur. Bu durum kaplama sonrası parlaklık değerinde %0,5'lik bir değişim (azalma) olduğu anlamına gelmektedir. Beyazlık değerlerinde de bir miktar iyileşme gözlenmiş ve ayrıca sarılık değerinde 2,16 değerinden 1,49 değerine gerileme olmuştur.

Kaplama sonrası KALSİT01 numunesinin %0,88'lik bir oranda kaplandığı tespit edilmiştir. Başlangıçta %1'lik bir kaplama kimyasalı ilave edilmiş ve yüzey modifikasyonu sonrası %88'lik bir kaplanma oranına ulaşılmıştır. Kaplama sonrası KALSİT02 numunesinin %0,80'lik bir oranda kaplandığı tespit edilmiştir. Başlangıçta %1'lik bir kaplama kimyasalı ilave edilmiş ve yüzey modifikasyonu sonrası %80'lik bir kaplanma oranına ulaşılmıştır. Kaplama sonrası KALSİT03 numunesinin %0,67'lik bir oranda kaplandığı tespit edilmiştir. Başlangıçta %1'lik bir kaplama kimyasalı ilave edilmiş ve yüzey modifikasyonu sonrası %67'lik bir kaplanma oranına ulaşılmıştır. KALSİT03 numunesinin kaplama sonrası gerek tane iriliğinin diğer örneklerle göre daha fazla gerekse yüzey alanının görece daha düşük olması kaplama veriminde de düşük oran elde edilmesine sebep olmuştur.

Laboratuvar ölçekte karıştırılmalı bilyalı değirmen ile kaplanan KAPLIKALSİT01 örneğiyle yapılan %50 dolgulu kompaundda (~%9 kaplama oranı) mikrotomografi görüntülerine göre saçılımın iyi sağlandığı, kalsitin polimer içerisinde iyi dağıldığı, topaklanmanın çok az olduğu kalsit içermeyen polimer kısımlarının yer almadığı görülmüştür.

Her 3 örneğin (KAPLIKALSİT01, 02 ve 03) SEM görüntüleri karşılaştırıldığında ortalama tane boyutu ( $d_{50}$ ) 2,1 mikron ve  $d_{97}$  değeri 10,2 mikron olan KAPLIKALSİT01 numunesi ile yapılan kompaundun yer yer aglomeratlar içerse de diğerlerine kıyasla daha iyi disperse olduğu tespit edilmiştir.

Ülkemizdeki kalsit tesislerinde mikronize kalsit ürünlerinin mikronize kalsit tesislerinde nihai ince ürünlerin yanı sıra yüzeyi modifiye edilmiş (kaplanmış) kalsit ürünleri de yüksek kalite ve kapasitede üretilmektedir. Plastik sektörü başta olmak üzere pek çok sektörde kullanılan ve katma değeri kapsız kalsitten çok daha yüksek olan kaplı kalsitin, üretim proses ve teknolojileri ile kullanılan kaplama kimyasalları üzerine disiplinler arası çalışmaların yoğunlaştırılması büyük önem arz etmektedir. Ekonomik ve kaliteli dolgu malzemesi olması

nedeniyle hem yurt içinde hem de yurt dışında fazlasıyla talep görmekte ve ülke ekonomisine katkıda bulunmaktadır.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, extruder çalışmalarında Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Merkezi Araştırma Laboratuvarı çalışanlarına, kompozit mekanik testler için ODTÜ Malzeme Mühendisliği Bölümü'ne ve numunelerin temin edilmesinde sağladığı destekten dolayı Anadolu Mikronize A.Ş.'ne teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR

- Deepika SKH, Chen Y 2014. Optimization of milling parameters on the synthesis of stearic acid coated CaCO<sub>3</sub> nanoparticles. *J.Coat.Technol.Res.*, 11(2): 273-282.
- Ding H, Lu S, Deng Y, Du G 2007. Mechano-activated surface modification of calcium carbonate in wet stirred mill and its properties. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 17: 1100-1104.
- Jeong SB, Yang YC, Chae YB, Kim BG 2009. Characteristics of the treated ground calcium carbonate powder with stearic acid using the dry process coating system. *Materials Transactions*, 50 (2): 409-414.
- Mihajlovic S, Sekulic Z, Dakovic A, Vucinic D, Jovanovic V, Stojanovic J 2009. Surface properties of natural calcite filler treated with stearic acid. *Ceramics*, 53(4): 268-275.
- Mihajlović SR, Vučinić DR, Sekulić ŽT, Milićević SZ, Kolonja BM 2013. Mechanism of stearic acid adsorption to calcite. *Powder Technology*, 245: 208–216.
- Razaei Gomari KA, Hamouda AA, Denoyel R 2006a. Influence of sulfate ions on the interaction between fatty acids and calcite surface. *Colloids and Surfaces A*, 287: 29-35.
- Razaei Gomari KA, Denoyel R, Hamouda AA 2006b. Wettability of calcite and mica modified by different long-chain fatty acids (C<sub>18</sub> acids). *Journal of Colloid and Interface Science*, 297: 470-479.
- Uçurum M, Yoğurtcuoğlu E 2010a. Mechano-activated surface modification of calcium carbonate in stirred mill. *The 10th International Multidisciplinary Scientific Geoconference (SGEM'2010)*, Vol II, 669-676.
- Uçurum M, Yoğurtcuoğlu E 2010b. Surface modification of calcite by wet-stirred ball milling and its properties. *Powder Technology*, 214: 47-53.
- Uçurum M, Malgır E 2017. Stearik asit çeşidinin kalsit kaplama verimi üzerine etkisi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 32(2): 137-144.
- Wu W, Lu S 2003. Mechano-chemical surface modification of calcium carbonate particles by polymer grafting. *Powder Technology*, 137: 41-48.
- Yang YC, Jeong SB, Yang SY 2009. The changes in surface properties of the calcite powder with stearic acid treatment, *Materials Transactions*, 50 (3): 695-701.
- Yoğurtcuoğlu E, Uçurum M 2011. Surface modification of calcite by wet-stirred ball milling and its properties. *Powder Technology*, 214: 47-53.

## Skeletal deformities of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) grown under various light intensities

Ebru Yilmaz<sup>1\*</sup>(ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1905-1265>), Mehmet Güler<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8257-1138>), Deniz Çoban<sup>1</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-7058-3123>)

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Department of Aquaculture, Aydın, Turkey

\*Corresponding author e-mail: [ebruyilmaz@adu.edu.tr](mailto:ebruyilmaz@adu.edu.tr)

### Abstract

Gilthead sea bream (*Sparus aurata* L., 1758) is one of most imported cultured species that are mostly farmed in the Mediterranean countries and also in our country. Gilthead sea bream that are farmed in culture conditions and often observed on skeletal abnormalities from hatcheries. The present study examined the bone and cartilage structure deformities of gilthead sea bream that are used various light intensities within cylinder tanks. Four different experimental groups were constituted in the study. These groups are L3-2, L3-7, Ç3-1 and Ç3-6. At the end of the experiment, 5202 juvenile sea bream were stained with Alcian blue and Alizarin red by using the double staining method in order to determine the deformities in the bone and cartilage structure. Finally, 758 deformed juvenile sea bream were found among the 5202 juvenile sea bream that were examined. The most deformation was observed in the juvenile fishes in the Ç3-1 tank (16.77%). Among the experimental groups, almost all of the deformities in the spine were found to be lordosis in the hemal region ( $p < 0.05$ ).

**Keywords;** *Sparus aurata*, skeletal deformities, light intensities

### INTRODUCTION

The decrease in the market prices due to the increased production in recent years compelled the sector to reduce production costs and to increase the larvae farming efficiency. Skeletal deformities are among the most important factors that affect production costs of the producers and determine the fish external morphology, growth rate and survival rate (Matsusato, 1986, Divanach et al., 1996, Koumoundouros et al., 2002). The frequency of skeletal anomalies in aquaculture varies significantly among different species and different farming conditions. Skeletal anomalies can be observed by using various diagnosis methods that provide different levels of accuracy including external observation, X-rays, manual examination, staining, synchrotron microcomputer tomography, computer tomography, histology, histopathology, histochemistry and immunohistochemistry (Boglione et al., 2013).

Fırat and Saka (1999) examined the deformities of sea fish species in three sections including spine, fin and head. Spine deformities constitute the 5% of the total fish production within the general deformities in the aquaculture industry (Andrades et al., 1996). The most frequent vertebral column deformities under culture conditions are lordosis (V shape), scoliosis (lateral deformity, zig-zag shape) and kyphosis (^ shape) (Afonso et al., 2000; Çoban, 2005). The study examined whether different light intensities have an effect on the skeletal deformity in gilthead sea bream juvenile grown under various commercial farming conditions.

### MATERIAL AND METHOD

The study examined whether different light intensities have an effect on the skeletal deformity in gilthead sea bream grown under various commercial farming conditions. The present study was conducted with the gilthead sea bream fry obtained from the Güvercinlik and Ören hatcheries in the Kılıç Marine Products Bafa Adaptation Unit. In the experiment, the effect of the light intensity on the skeletal deformity of the fishes when the gilthead sea bream larvae with different tank volumes, different light intensities and different growing origin arrived in the adaptation unit were tested in a commercial environment (Table 1). The experiment included scientific and commercial deformity analyses. Morphology and scientific deformity analyses were conducted at the Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Agriculture, Aquaculture Research and Training Unit (ADÜ-SAUB) while the commercial deformity analyses were conducted at the Kılıç Marine Products Bafa Adaptation Unit. Scientific deformity covered 12 different types of skeletal deformity in 5 body parts and determined the formation angles and locations of the deformities in the spine. In the deformation analysis method used by the companies in fish saling was analyzed and marked in the light tray indicating presence/absence of deformities in the spine, head, gill and dorsal region. All of the gilthead sea bream were fed with the same commercial

powder feed. In the scientific skeletal deformity analysis to determine the deformities in the bone-cartilage structure, the double staining method was applied with the Alizarin red and Alcian blue (Potthoff, 1983; Çoban, 2005). The differences among the groups were determined with the Tukey test following the one-way variance analysis (ANOVA). SPSS 21 and Microsoft Excel 2010 software were used in statistical evaluation of data.

**Table 1.** Tank types and specifications

Tank	Hatchery Orgine	Temperature (°C)		Tank Volume		Debit(%)		Salinity (‰)		Light intensiy (luxury)
		In Hatchery	Bafa Adapt. Facility	In Hatchery	Bafa Adapt. Facility	In Hatchery	Bafa Adapt. Facility	In Hatchery	Bafa Adapt. Facility	
L3-2	Ören	24	26	17	35	20	30	40	26	25
L3-7	Ören	24	26	17	35	20	30	40	26	1600
Ç3-1	Güvercinlik	21	26	20	30	15	25	38	27	150
Ç3-6	Güvercinlik	21	26	17	30	15	27	38	27	15

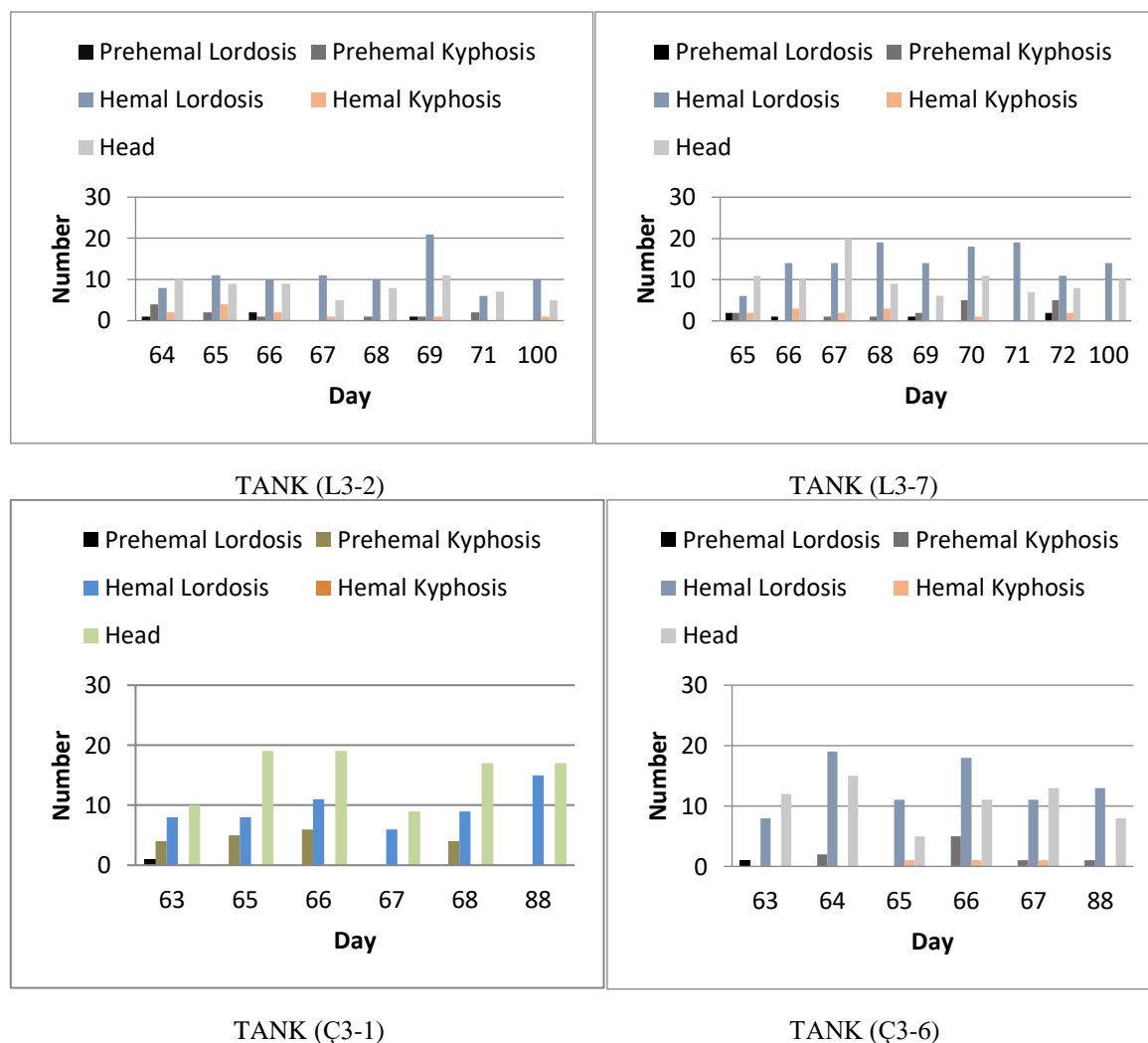
## RESULTS

Total 5202 samples were tested to determine the deformities taking place in the gilthead sea bream larvae. In accordance with the results, 758 skeletal deformities were determined with the general deformity rate of 14.6%. According to the analyses, the deformity rate of the larvae from the L3-2 group (25 lux) was the lowest within the ranking of the groups while the Ç3-1 group (150 lux) was the group with the highest deformity rate. The lowest spine deformity rate was observed in the Ç3-1 group (150 lux) while the L3-7 group (1600 lux) had the highest spine deformity rate. The lowest head deformity rate was observed in the L3-2 group while the Ç3-1 group had the highest head deformity rate (Table 2). Dry weights of the samples taken in the beginning and end of the experiment were calculated statistically and the differences between groups were demonstrated. The statistical difference between the groups in the dry weight figures of the samples taken in the beginning of the experiment was insignificant ( $p>0.05$ ) while the L3-2 and L3-7 experiment groups were different than the other groups in the end of the experiment.

**Table 2.** Total fish numbers and general deformity numbers measured and found during the experiment

	Total fish numbers	Deformity Fish numbers	Deformation Rate (%)	Spine Deformation Rate (%)	Head Deformation Rate (%)
L3-2	1416	177	12.50	7.98	4.52
L3-7	1738	256	14.73	9.44	5.29
Ç3-1	1002	168	16.77	7.68	9.08
Ç3-6	1046	157	15.01	8.89	6.12

At the end of the experiment, L3-2 and L3-7 experiment groups were different than the other groups. In the present study, lordosis was the most frequent type of deformity between the days after hatching (DAH) of 64 and 100 in the hemal region (between the 10th vertebra and 20th vertebra) among the fishes in the L3-2 group. This was followed by the head deformity, kyphosis in the prehemal and hemal regions and lordosis in the prehemal region (Figure 1). The L3-7 group has the highest deformity rate and the most frequent type of deformity in its anomalies was lordosis that was seen between 65 and 100 DAH in the hemal region. This deformity was followed by the head deformity, lordosis in the hemal region, kyphosis in the prehemal region and lordosis in the prehemal region (Figure 1). In Ç3-1, the third group, the frequent deformities were analyzed to be head deformation, lordosis in hemal region and kyphosis in prehemal region. In addition, lordosis was seen in the prehemal region in the 63rd day. Kyphosis was not found in the hemal region between the days 63 and 88. In the larvae in the Ç3-6 group, the most frequent deformity types are the lordosis and head deformity seen in the hemal region. It was followed by the anomalies of kyphosis in the prehemal region and lordosis in the hemal and prehemal region (Figure 1).



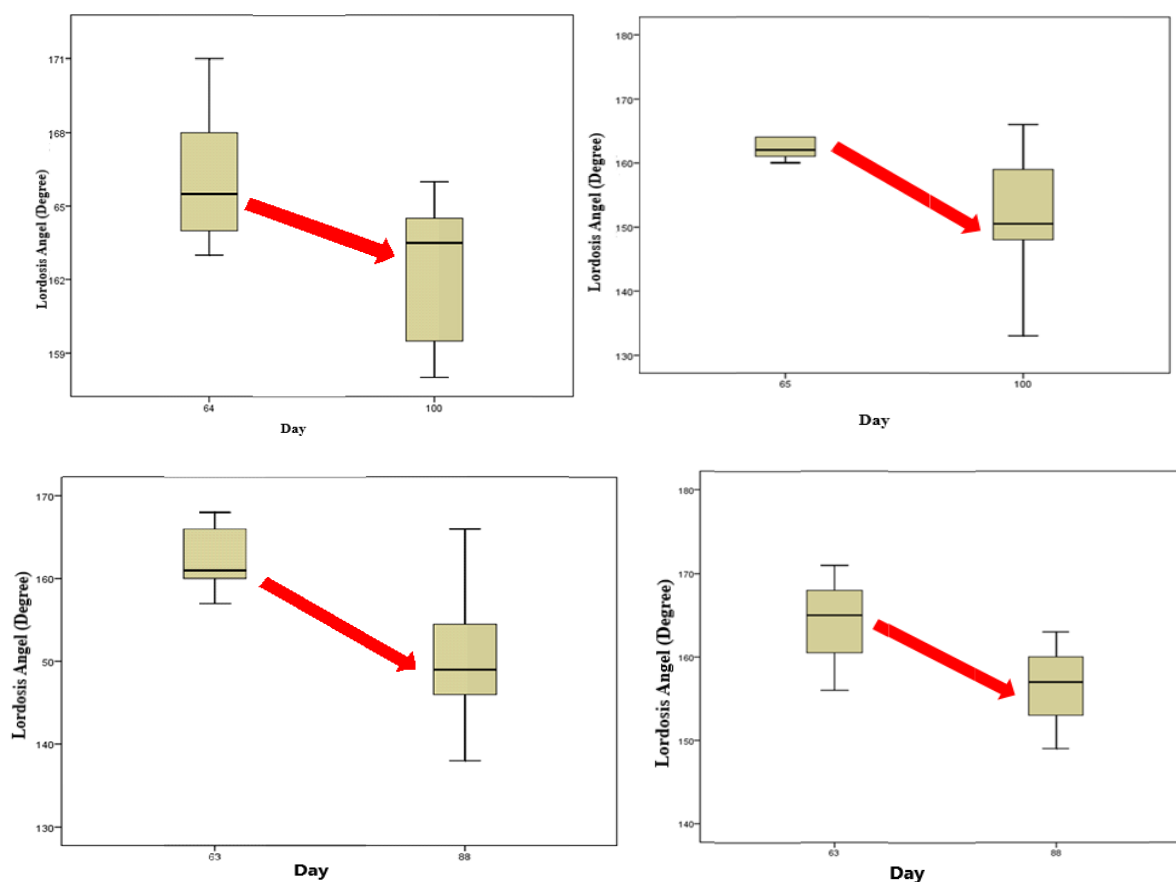
**Figure 1.** Deformity changes depending on the observation day during the experiment

Taking into consideration the rates of fish with spine deformity from the groups in the end of the 88th DAH and 100th DAH in the experiment, Ç3-1 was observed to have the highest rate of fish with spine deformity and the highest rate of total deformity with scientific and commercial deformity in all experiment groups (Table 4). Upon comparing the detection methods of commercial deformity and scientific deformity, both methods are similar in detecting deformity while scientific deformity provides a more detailed but slower analysis possibility.

**Table 4.** Deformity rates of the larvae in the first day in the tank and in the end of experiment

		Day	Total Fish Number	Spine Deformation Fish Number	Deformation Fish Number	Spine Deformation Fish Rate (%)	Total Deformation Rate (%)
L3-2	Scientific	64	208	15	25	7.21	12.02
	Def.	100	73	11	16	15.07	21.91
	Commercial	64	135	3	33	2.2	24.4
	Def.	100	265	11	42	4.2	15.8
L3-7	Scientific	65	231	12	23	5.19	9.96
	Def.	100	79	14	24	17.72	30.38
	Commercial	65	141	3	32	2.1	22.7
	Def.	100	258	28	50	10.9	19.4
Ç3-1	Scientific	63	119	13	23	10.92	19.33
	Def.	88	106	15	32	14.15	30.19
	Commercial	63	224	8	26	3.3	10.7
	Def.	88	293	40	73	13.7	24.9
Ç3-6	Scientific	63	199	9	21	6.03	10.55
	Def.	88	105	14	22	13.33	20.95
	Commercial	63	275	13	31	4.7	11.3
	Def.	88	293	12	39	4.1	13.3

No difference was found between the groups upon examining the angles of lordosis in the hemal region among the samples taken on the day of arrival to the Bafa adaptation unit from two different hatcheries ( $p>0.05$ ). In the end of the experiment, a difference was observed among the groups with respect to the lordosis angles ( $p<0.05$ ) and the lowest lordosis angle was found in the Ç3-1 tank (Figure 1). In all experiment groups, the lordosis angle in the beginning of the experiment is smaller than those found in the end of the experiment. This can be interpreted such that the deformity with a broader angle existing in fishes became more evident in later days. The angle narrows down with age and becomes evident in lordosis particularly in hemal region. Among the experiment groups, almost all of the spine deformities were found to be lordosis in hemal region (between the 10th vertebra and the 20th vertebra). This lordosis was distributed between the 12th vertebra and the 18th vertebra in all experiment groups, mainly between the 14th vertebra and 16th vertebra.

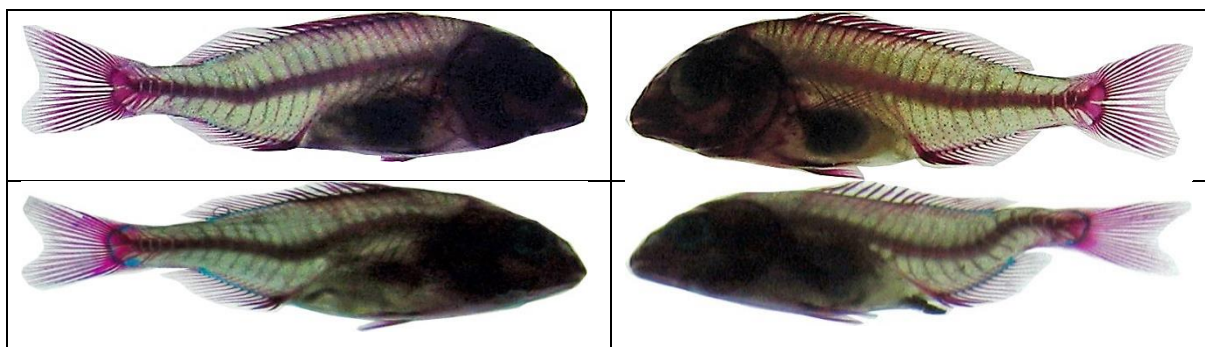


**Figure 2.** State of the notochordal lordosis angles taking place in the beginning and end of the experiment

In the analysis in the beginning and end of the experiment, an increase was observed in the deformity rate and in the rate of fishes with spine deformity in all experiment groups (Table 3). It was concluded that the light intensities used in the experiment were not effective in the formation of skeletal deformities during adaptation ( $p>0.05$ ).

**Table 3.** Deformity amounts found in the beginning and end of the experiment

		Spine Deformation Fish Rate (%)		Total Deformation Rate (%)	
		Start of experiment	End of experiment	Start of experiment	End of experiment
<b>L3-2</b>	25 luxury	7.21	15.07	12.02	21.92
<b>L3-7</b>	1600 luxury	5.19	17.72	9.96	30.38
<b>Ç3-1</b>	150 luxury	10.92	14.15	19.33	30.19
<b>Ç3-6</b>	15 luxury	4.52	13.33	10.55	20.95



**Figure 3.** Lordosis skeletal deformities with different angles observed in gilthead sea bream in the end of the experiment

## DISCUSSION

Skeletal deformed fish may particularly lead to early death and those that survive and reach to a serving size don't find an economic value (Çoban et al., 2016). Skeletal deformities were defined in several fish species grown in culture conditions, e.g. *Salmo salar*, *Oncorhynchus mykiss*, *Cyprinus carpio*, *Salmo trutta*, *Oreochromis niloticus*, *Dicentrarchus labrax*, *Pagrus major*, *Dentex* and *Sparus aurata* (McKay and Gjerde 1986; Aulstad and Kittelsen 1971, Wunder 1981, Poynton 1987, Mair 1992, Chatain 1994, Taniguchi et al., 1984, Andrades et al., 1996, Çoban 2005). Skeletal anomalies are associated with various environmental factors including nutrition (lack of tryptophane or vitamin C, excess of vitamin D or tyrosine), hydrodynamic and culture conditions (water quality, pesticide and other chemical agent) (Chun et al., 1981; Faustino and Power 1997). Taniguchi et al. (1984) applied genetic factors to explain the differences in the vertebral malformation rate in *Pagrus major*. Among the spine deformities, lordosis is another deformity effective on larvae. Chatain (1994) reported that lordosis mainly took place in prehemal and hemal regions depending on the muscle development of the larvae of *Dicentrarchus labrax* and *Sparus aurata* and on the hydrodynamic structure of the tank. Similar results in high water flow were reported for *P. major* (Kihara et al., 2002) and *Cyprinus carpio* (Backiel et al., 1984). Lordosis is a frequent deformity developing in prehemal or hemal vertebrae depending on the lack of air bladder (Chatain and Dewavrin, 1989) or due to the intense water flow in the cultivation tanks (Divanach et al., 1997; Kihara et al., 2002). In the present study, *Sparus aurata* grown in the hatchery at a low temperature were seen to display an increase activity of swimming and nutrition upon arrival to the adaptation plant with a high temperature. This causes the existing skeletal deformities of gilthead sea bream, especially lordosis, to come evident and its angle to increase with the swimming activity at a high speed. The most important element to be done here should be to limit the swimming activity and to minimize the fast circular swimming of the fish during nutrition within the tank by ensuring more frequent feeding.

## REFERENCES

- Afonso JM, Montero D, Robaina L, Astorga N, Izquierdo MS, Ginés R 2000. Association of a lordosis-scoliosis-kypnosis deformity in gilthead seabream (*Sparus aurata*) with family structure. *Fish Physiology and Biochemistry*, 22: 159-163.
- Andrades JA, Becerra J, Fernández-Llebrez P 1996. Skeletal deformities in larval, juvenile and adult stages of cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture*, 141(1-2):1-11.
- Aulstad D, Kittelsen A 1971. Abnormal body curvatures of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) inbred fry. *Journal of The Fisheries Research Board of Canada*, 28(12): 1918-1920.
- Backiel T, Kokurewicz B, Ogorzalek A 1984. High incidence of skeletal anomalies in carp, *Cyprinus carpio*, reared in cages in flowing water. *Aquaculture*, 43: 369-380.
- Boglione C, Gisbert E, Gavaia P, Witten EP, Moren M, Fontagné S, Koumoundouros G 2013. Skeletal anomalies in reared European fish larvae and juveniles. part 2: main typologies, occurrences and causative factors, *Reviews in Aquaculture*, 5(1): 121-167.
- Chatain B 1994. Abnormal swimbladder development and lordosis in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture*, 119(4): 371-379.
- Chatain B, Dewavrin G 1989. Influence des anomalies de développement de la vessie natatoire sur la mortalité de *Dicentrarchus labrax* au cours du sevrage. *Aquaculture*, 78(1): 55-61.



- Chun S, Park C, Lee C 1981. Acute toxicity of certain pesticides to teleost, with special respect to TLM and vertebral abnormality. Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan., 13: 43–48.
- Çoban D 2005. Sparidae familyasına ait balıklarda yetiştiricilik koşullarında gözlenen kemik ve kırıldak deformasyonlarının belirlenmesi. Doktora Tezi. E.Ü. Fen Bil. Enst., İzmir, Türkiye.
- Çoban D, Suzer C, Yıldırım Ş, Saka Ş, Fırat MK 2016. Skeletal deformities in hatchery reared European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) (in Turkish with English abstract). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4): 373-379.
- Divanach P, Papandroulakis N, Anastasiadis P, Koumoundouros G, Kentouri M 1997. Effect of water currents during postlarval and nursery phase on the development of skeletal deformities in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) with functional swimbladder. Aquaculture, 156(1-2): 145–155.
- Divanach P, Boglione C, Menu B, Koumoundouros G, Kentouri M, Cautadella S 1996. Abnormalities in finfish mariculture: an overview of the problem, causes and solutions Seabass and Seabream Culture: Problems and Prospects. Handbook of contributions and short communications, Verona, Italy, pp. 45-51.
- Faustino M, Power DM 1997. Development of osteological structures in the sea bream: vertebral column and caudal fin complex. Journal of Fish Biology, 52(1): 11–22.
- Fırat K, Saka Ş 1999. Yoğun kültürü yapılan çipura (*S. aurata*) ve levrek (*D. labrax*) balıklarında ortam koşullarına bağlı deformasyonlar. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı İzmir Veteriner Kontrol ve Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Dergisi, 24 (38): 95-100.
- Kihara M, Ogata S, Kawano N, Kubota I, Yamaguchi R 2002. Lordosis induction in juvenile red sea bream, *Pagrus major*, by high swimming activity. Aquaculture, 212 (1-4): 149–158.
- Koumoundouros G, Maingot E, Divanach P, Kentouri M 2002. Kyphosis in reared sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.): ontogeny and effects on mortality. Aquaculture, 209(1-4): 49-58.
- Mair GC 1992. Caudal deformity syndrome (CDS): an autosomal recessive lethal mutation in the tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). Journal of Fish Disease, 15(1): 71–75.
- Matsusato T 1986. Study on skeletal anomaly of fishes. Bulletin of National Research Institute of Aquaculture, 10: 57-179.
- McKay LR, Gjerde B 1986. Genetic variation for a spinal deformity in Atlantic salmon, *Salmo salar*. Aquaculture, 52(4): 263–272.
- Potthoff HH 1983. Velocities of dislocation groups in very thin neutron-irradiated copper single crystals measured by slip line cinematography. Physica status solidi (a), 77(1): 215-224.
- Poynton, S 1987. Vertebral column abnormalities in brown trout, *Salmo trutta* L. Journal of Fish Diseases, 10(1): 53–57.
- Taniguchi N, Azuma K, Umeda S 1984. Differences due to parents in incidence of vertebral malformation in artificially bred red seabream. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 50: 787–792.
- Wunder W 1981. Lateral curvature of the vertebral column (scoliosis) of carp (*Cyprinus carpio*). A Photographic study. Fischer und Teichwirt, 32: 293–296.

## Investigation of the association of human antimicrobial peptides and human intestinal microbiota through bioinformatics tools

Tuba Sevimoglu<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4563-3154>), Ozlem Aleyna Un<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6979-9250>)

<sup>1</sup>Uskudar University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Bioengineering, Istanbul, Turkey.

<sup>2</sup> Uskudar University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: [tuba.sevimoglu@uskudar.edu.tr](mailto:tuba.sevimoglu@uskudar.edu.tr)

### Abstract

Antimicrobial Peptides (AMPs) are effective in the protection against infections in humans and other organisms. Produced by intestinal epithelial cells, AMP's regulate intestinal homeostasis through the control of microbiota. Immune system functions in the elimination of infectious microorganisms and cancer cells. Immune reaction leads to cell death under certain conditions. Therefore, overexploitation of targets in chronic inflammatory reactions is harmful and is the cause of autoimmune diseases. The goal of this study is to investigate the association of human AMP and human intestinal microbiota with a systems biology approach. In this study, 123 human AMP data from Antimicrobial Peptide Database and 148 human microbial metabolite data from Human Metabolism Database were listed. From these lists association of 15 bacterial species and a fungal specie with AMP were determined through metabolite interactions. AMP-Microbe species and Microbes-metabolite association were determined. Enrichment analysis was done to illuminate the associated signaling pathways, diseases and gene ontology terms (biological process, cellular component and molecular function).

Microbiota - AMP analysis indicated that S100A12 and HMGN2 were mutually associated with six microbe species (*Proteus mirabilis*, *Candida albicans*, *Cupriavidus basilensis*, *Citrobacter freundii*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli*). The intestinal bacteria *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus faecalis* and *Escherichia coli* share a mutual metabolite: succinate. The AMP list was also enriched in signaling pathways such as chemokine signaling.

By establishing a link between human microbial metabolites and human antimicrobial peptides, the possible connections between AMPs and diseases such as diabetes, psoriasis, rheumatoid arthritis, multiple sclerosis, dementia and osteoporosis may be illuminated. Future studies investigating the molecular mechanism of diseases should include microorganisms and metabolites in humans for a better understanding of such diseases.

**Keywords:** Autoimmune diseases, human antimicrobial peptide, metabolite, gut microbiota, metabolic pathways.

### INTRODUCTION

Antimicrobial Peptides (AMPs) are an important part of innate immunity in humans and other high organisms and contribute to the first line of defense against infections (Zaslouf, 2002). AMPs generally consist of 10-50 amino acid (Nakatsuji and Gallo, 2012). More than 2500 AMPs are stored in the Antimicrobial Peptide Database (APD). A great amount of AMPs take part in interactions with various components in the metabolism with high selectivity and specificity (Zhang and Gallo, 2016). Several databases have been established to categorize antimicrobial peptides such as LAMP (Database Linking Antimicrobial Peptides) and CAMP (Collection of Anti-Microbial Peptides). AMPs are present in various species such as humans and bacteria and play a crucial role in innate immunity.(Steinstraesser et al., 2009). They take an active part in regulating the human intestinal microbiota as well as establishing homeostasis in the intestinal barrier (Salzman et al., 2010).

Human metabolites are small chemicals in our body that may alter or be altered by biological processes, environmental factors and diseases (Gallois et al, 2019). Therefore dysregulation of gene expression may cause dysfunction of metabolic pathways through metabolites or vice versa. Human gut microbiota is an essential part of digestion and these microbes may use or produce the metabolites our body uses in metabolic pathways (Oliphant and Allen-Vercoe, 2019).

This study aims at understanding the antimicrobial peptide – metabolite – microbiota relationship through association studies and interaction networks.

## MATERIALS AND METHODS

### Data Used in the Study

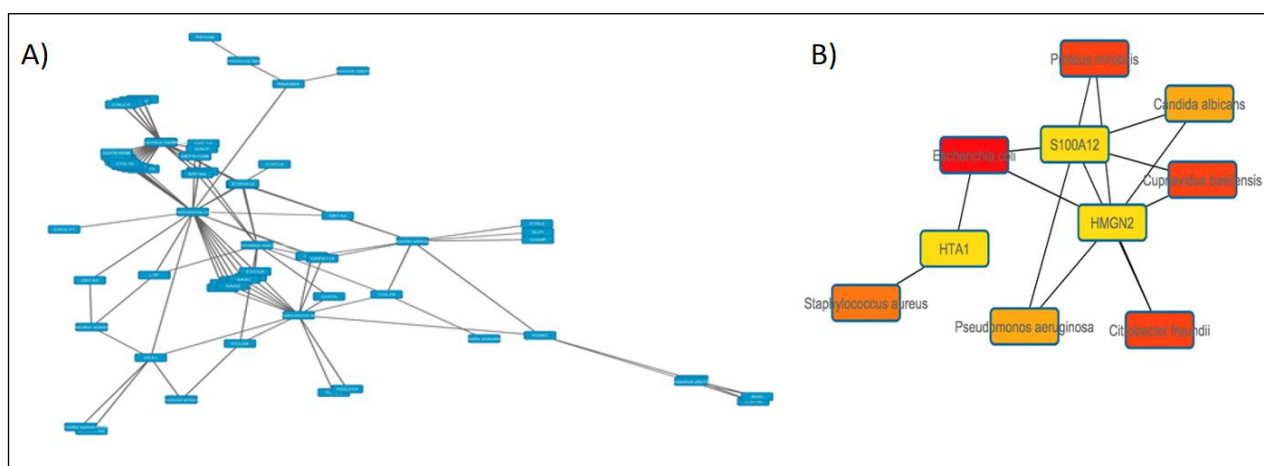
In the study, the human antimicrobial peptide datasets were selected from the APD (Antimicrobial Peptide Database) database (Wang et al., 2016). HMDB (Human Metabolism Database) database was used for the list of human microbial metabolites (Wishart et al., 2018). The microorganism-AMP, microbiota - metabolite relationship was detected with 15 bacterial species and 1 fungal species from the determined lists.

### Enrichment Analysis

Enrichment analysis was performed with the EnrichR bioinformatics tool (Kuleshov et al., 2016). Signaling pathways, associated diseases and gene ontology terms (biological processes, molecular function and cellular component) were enriched.

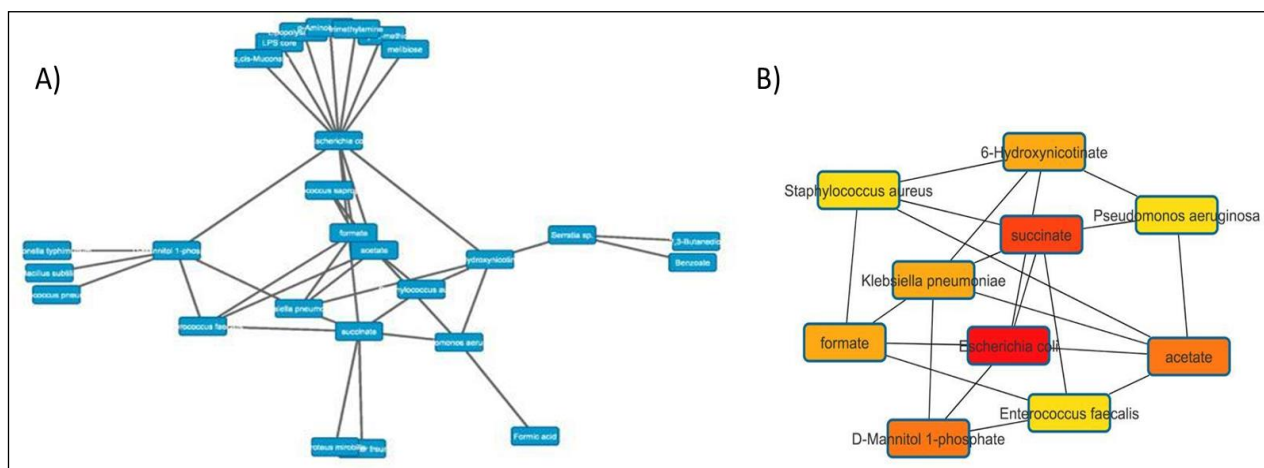
## RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the relation between human antimicrobial peptides and microorganisms and metabolites in humans was established. For this, firstly, AMP and microbial metabolite lists for homo sapiens was created. The association of AMPs and microbe species and the hubs of this network are shown in Figure 1 and Microorganism and metabolite association and their hubs are given in Figure 2.



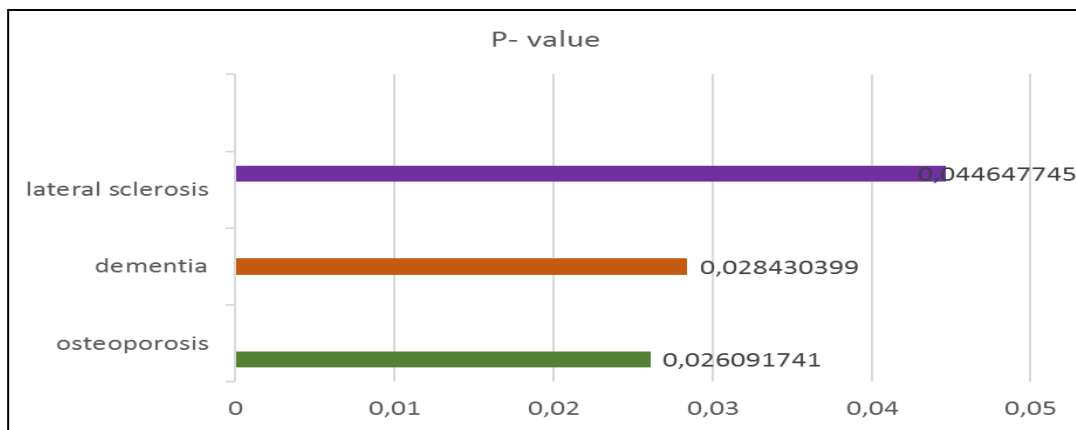
**Figure 1.** A) AMP- Microbe Association, B) Hubs of the network

S100A2 and HMGN2 are the hub AMPs of the network. S100A2 is a calcium binding protein and HMGN2 is a DNA binding protein. Both are implicated in cancer studies.



**Figure 2.** Microbe Species - Metabolite Association B) Hubs of the network

After Microbe Species - AMP and Microbe Species - metabolite analyzes were done, enrichment analyzes of antimicrobial peptides were performed. Figure 3 shows statistically significant disease associations. One of the significant associated diseases, Amyotrophic lateral sclerosis (ALS) is a motor neuron disease, which are a group of heterogeneous neurological disorders that are defined and characterized by degeneration of motor neurons (Nilo Riva et al., 2016). Dementia is any decrease in cognition that is independent, important enough to interfere with daily functioning. It is known as a syndrome rather than a disease. The causes of dementia might comprise of neurological, neuropsychiatric and medical conditions. Numerous diseases might play a role in the progression of the disease (Gale et al., 2018). Osteoporosis, another AMP associated disease, is the most prevalent metabolic bone disorder. It is a broadly inadequately diagnosed and treatment options are limited though it is increasingly prevalent. This can be attributed to the fact that the disease is not diagnosed until a fracture occurs. (Lin et al., 2004).



**Figure 3.** Human AMPs - Disease Association

Signaling pathways associated with AMP are given in Table 1. Chemokine signaling pathway and Cytokine – Cytokine receptor interactions were found to be significant in this study.

**Table 1.** Signaling pathways associated with AMPs.

<i>Term</i>	<i>Adjusted P-value</i>	<i>Genes</i>
Chemokine signaling pathway	1,96E-07	CCL13, CXCL6, CCL24, CXCL9, CXCL11, CCL8, CXCL1, CCL19, CCL28
Cytokine-cytokine receptor interaction	2,49E-07	CCL13, CXCL6, CCL24, CXCL9, CXCL11, CCL8, IL26, CXCL1, CCL19, CCL28

AMPs enriched in Gene Ontology Terms are listed in Table 2.

**Table 2.** Gene Ontology Terms Associated with Human AMPs (Biological Process, Molecular Function and Cellular Component)

<i>GO Term</i>	<i>Term</i>	<i>Adjusted P-value</i>	<i>Genes</i>
<b>Biological Process</b>	antimicrobial humoral immune response mediated by antimicrobial peptide	1,17E-27	REG3A, CCL13, CXCL6, DEFB118, DEFB127, DEFA4, DEFB126, DEFA5, RNASE6, S100A12, HMG2, CAMP, KRT6A LTF, GALP, S100A7
	defense response to bacterium	4,88E-16	CHGA, DEFB118, DEFB127, DEFA4, DEFB126, DEFA5, RNASE6, DEFB114, HTN3, SLPI, S100A12, CAMP, KRT6A, LTF, GALP, S100A7
	defense response to Gram-negative bacterium	1,74E-14	CHGA, DEFB118, DEFB127, DEFA4, DEFB126, DEFA5, RNASE6, DEFB114, LTF, GALP, S100A7
	chemokine-mediated signaling pathway	5,28E-10	CCL13, CXCL6, CCL24, CXCL9, CXCL11, CCL8, CXCL1, CCL19
	lymphocyte chemotaxis	1,06E-08	CCL13, CCL24, CXCL9, CXCL11, CCL8, SAA1, CCL19
	neutrophil chemotaxis	3,50E-08	CCL13, CXCL6, CCL24, CCL8, SAA1, S100A12, CCL19
	granulocyte chemotaxis	4,49E-08	CCL13, CXCL6, CCL24, CCL8, SAA1, S100A12, CCL19
	neutrophil migration	5,08E-08	CCL13, CXCL6, CCL24, CCL8, SAA1, S100A12, CCL19
	response to lipopolysaccharide	5,86E-08	CXCL6, CXCL9, CXCL11, SLPI, DEFA4, DEFA5, CXCL1, SNCA, S100A7

	response to interleukin-1	1,97E-04	CCL13;CCL24;CCL8;CCL19;SNCA
<b>Cellular Component</b>	secretory granule lumen	7,97E-08	POMC, SLPI, DEFA4, DEFA5, S100A12, CXCL1, B2M, CAMP, HRNR, LTF, S100A7
	specific granule lumen	1,71E-06	SLPI, DEFA4, CXCL1, B2M, CAMP, LTF
	specific granule	3,30E-04	SLPI, DEFA4, CXCL1, B2M, CAMP, LTF
	tertiary granule lumen	0,001015	CXCL1, B2M, CAMP LTF
	tertiary granule	0,047594	CXCL1, B2M, CAMP, LTF
	azurophil granule	0,335021	DEFA4, HRNR, S100A7
	azurophil granule lumen	0,800924	HRNR, S100A7
	platelet alpha granule membrane	1	SNCA
	<b>Molecular Function</b>	chemokine activity	1,41E-12
chemokine receptor binding		1,31E-12	CCL13, CXCL6, CCL24, CXCL9, CXCL11, CCL8, CXCL1, CCL19, CCL28
cytokine activity		1,14E-09	CCL13, CXCL6, CCL24, CXCL9, CXCL11, CCL8, IL26, CXCL1, CCL19, CCL28
CXCR chemokine receptor binding		1,95E-05	CXCL6, CXCL9, CXCL11, CXCL1
CCR chemokine receptor binding		4,67E-04	CCL13, CCL24, CCL8, CCL19
copper ion binding		0,024883	S100A12, ANG, SNCA
endopeptidase inhibitor activity		0,023818	SPINK1, SLPI, CSN2, LTF
RAGE receptor binding		0,028901	S100A12, S100A7
cysteine-type endopeptidase inhibitor activity		0,031866	CSN2, SNCA, LTF
G-protein coupled receptor binding		0,033367	POMC, CALCA, SAA1, CCL19

The cellular components of AMPs obtained from the analysis include granules. Neutrophils are in abundance in the blood and they act as a defense mechanism for the invading microorganisms. Granules are necessary for neutrophils to perform their role in innate immunity. Membranes of granules have proteins that direct their neutrophils to infection sites and react to environmental cues. Granules are heavily filled with proteins that contribute to microbial killing when released phagosome or extracellular. Identification and distribution of granular proteins is necessary to understand the molecular mechanisms responsible for the antimicrobial activity of neutrophils (Rørvig et al., 2013). Defensins and HNPs, also called bactericidal, are the main components of azurophil granules (Ganz et al., 1985).

The molecular functions of the AMPs determined as a result of the analysis are also listed. Chemokines and chemokine receptors, as the main regulators of cell migration, are critical for basic biological processes such as embryonic development, autoimmune diseases, life-long defense and wound repair, and age-related disease. The receptors belong to the Class A family of G protein-bound receptors (GPCRs) and are expressed on migrating cells. Ligands (chemokines) are small proteins that are secreted structurally or inductively by most cell types in response to a wide variety of stimuli and environmental cues. Chemokines act as signals for cell migration, creating gradients on cell surfaces and extracellular matrices in tissues (Kufareva et al., 2017).

Studies have shown that (C-X-C motif) ligand (CXCL) 10 (CXCL10) chemokine significantly increases in serum concentrations of Autoimmune thyroiditis patients (Antonelli et al., 2004). Stromal cell-derived factor 1 (SDF-1), also known as the CXC ligand, is a small, 8 kDa chemokine that plays a role in leukocyte activation and chemotaxis. SDF-1 plays a role in the uptake of T cells into the pancreas in type 1 diabetes. In a study, injection of mice with antibodies against SDF-1 has been shown to change diabetes development and insulin suppression (Matin et al., 2002).

As a result, the association of human microbial metabolites and human antimicrobial peptides has been demonstrated to be associated with the molecular mechanism of autoimmune diseases such as psoriasis, rheumatic arthritis, Multiple Sclerosis and Hashimoto thyroiditis. This study also reveals that the human gut microbiota has an effect on autoimmune diseases. In future studies, while investigating the molecular mechanism of diseases, microorganisms and metabolites in humans need to be examined in more detail.

## REFERENCES

- Antonelli A, Rotondi M, Fallahi P, Romagnani P, Ferrari SM, Buonamano A, et al., 2004. High levels of circulating CXC chemokine ligand 10 are associated with chronic autoimmune thyroiditis and hypothyroidism. *J Clin Endocrinol Metab* 89: 5496–9.
- Gallois, A, Mefford, J, Ko A, et al., 2019. A comprehensive study of metabolite genetics reveals strong pleiotropy and heterogeneity across time and context. *Nat Commun* 10, 4788.
- Gang Su, John H. Morris, Barry Demchak and Gary D. Bader 2014. Biological network exploration with Cytoscape 3. *Curr Protoc Bioinformatics*. 47: 8.13.1–8.13.24.
- Ganz T, Selsted ME, Szklarek D, Harwig SS, Daher K, Bainton DF, Lehrer RI 1985. Defensins. Natural peptide antibiotics of human neutrophils. *J Clin Invest*,76:1427–1435.
- Gale SA, Acar D, Daffner KR 2018. Dementia. *Am J Med*.Oct;131(10):1161-1169.
- Kuleshov MV, Jones MR, Rouillard AD, Fernandez NF, Duan Q, Wang Z, Koplev S, Jenkins SL, Jagodnik KM, Lachmann A, McDermott MG, Monteiro CD, Gunderson GW, Ma'ayan A 2016. Enrichr: a comprehensive gene set enrichment analysis web server 2016 update. *Nucleic Acids*;gkw 377.
- Kufareva Irina, Martin Gustavsson, Yi Zheng, Bryan S Stephens, and Tracy M Handel 2017. What do structures tell us about chemokine receptor function and antagonism? *Annu Rev Biophys*.22; 46: 175–198.
- López-Ibáñez, J, Pazos, F Chagoyen, M, et al., 2016. MBROLE 2.0—functional enrichment of chemical compounds. *Nucleic acids*,44(W1), W201-W204.
- Lin, Julie, T Lane, Joseph, M 2004. Osteoporosis: A Review. *Clinical Orthopaedics and Related*.Volume 425- Issue- p 126-134.
- Matin K, Salam MA, Akhter J, Hanada N, Senpuku H 2002. Role of stromal-cell derived factor-1 in the development of autoimmune diseases in non-obese diabetic mice. *Immunology* 107:222–232.
- Nakatsuji T and Gallo RL 2012. Antimicrobial peptides: old molecules with new ideas *J Invest Dermatol*, 887-895.
- Nilo Riva, Federica Agosta, Christian Lunetta, Massimo Filippi, and Angelo Quattrini 2016. Recent advances in amyotrophic lateral sclerosis. *J Neurol*.263: 1241–1254.
- Oliphant, K and Allen-Vercoe, E 2019. Macronutrient metabolism by the human gut microbiome: major fermentation by-products and their impact on host health. *Microbiome* 7, 91.
- Peter D Karp, Richard Billington, Ron Caspi, Carol A Fulcher, Mario Latendresse, Anamika Kothari, Ingrid M Keseler, et al., 2019. The BioCyc collection of microbial genomes and metabolic pathways. *Briefings in Bioinformatics*, Volume 20, Pages 1085–1093.
- Rørvig S, Østergaard O, Heegaard NH, Borregaard N 2013. Proteome profiling of human neutrophil granule subsets, secretory vesicles, and cell membrane: correlation with transcriptome profiling of neutrophil precursors. *J Leukoc Biol*.Oct;94(4):711-21.
- Steintraesser L, Kraneburg UM, Hirsch T et al, 2009. Host defense peptides as effector molecules of the innate immune response: a sledgehammer for drug resistance? *Int J Mol.Sci*.16:3951–3970.
- Salzman NH, Hung K, Haribhai D, Chu H, Karlsson-Sjoberg J, Amir E, Tegatz P, Barman M, Hayward M, Eastwood D, et al., 2010. Enteric defensins are essential regulators of intestinal microbial ecology. *Nat Immunol*.11:76–83.
- Wang, G, Li X and Wang Z 2016. APD3: the antimicrobial peptide database as a tool for research and education. *Nucleic Acids Research* 44, D1087-D1093.
- Wishart DS, Feunang YD, Marcu A, Guo AC, Liang K, et al., 2018. HMDB 4.0. The Human Metabolome Database for 2018. *Nucleic Acids*.Jan 4;46(D1): D608-17. 29140435.
- Zasloff M 2002. Antimicrobial peptides of multicellular organisms. *Nature*.389-495.
- Zhang LJ and Gallo RL2016. Antimicrobial peptides. *Curr. Biol*.26:R14-9.

## Geri basamak akışlarında dış türbülansın akış ve ısı transferi üzerine etkileri

Murat Ateş\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1065-2419>), Erhan Pulat (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2866-6093>)

Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: mates@gmka.gov.tr

### Özet

Geri basamak akışlarında gerçekleşen ayrılan ve yeniden birleşen akışlar, akışkanlar mekaniğinin ana konularından olan laminer ve türbülanslı akışlara örnek teşkil etmektedir. Aynı zamanda günlük hayatımızda da birçok yerde etkisi altında kaldığımız ısı transferleri de geri basamak akışlarında gerçekleşebilecek bir olay olarak da karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada ise basınç gradyeni değişimi olmaksızın kapalı bir kanalda dış türbülans şiddetine bağlı olarak, basamak sonrası yeniden birleşme ve ısı transferi değişiklikleri incelenmiştir. Literatür çalışmalarında oldukça yaygın olarak ele alınan deneysel bir çalışmadaki sonuçlara; ANSYS Fluent programında Standard  $k-\epsilon$  modeli kullanılarak ulaşılmıştır. Uygulanan nümerik model ile deneysel verilere ulaşılmasının ardından, farklı türbülans şiddetleri kullanılarak elde edilen sonuçlar incelenmiştir. Türbülans şiddetinin artmasıyla yeniden birleşme uzunluğunun yavaşça azalmakta olduğu ve yerel Stanton (St) sayısı dağılımının da yavaşça arttığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Geri basamak akışları, yeniden birleşme, ısı transferi, akışkanlar mekaniği

### Effects of outer turbulence to flow and heat transfer on backward-facing step flow

#### Abstract

Separating and reunification flows occurring in back step flows are examples of laminar and turbulent flows, one of the main topics of fluid mechanics. At the same time, heat transfer, which we are affected by many places in our daily life, also emerges as an event that can occur in back step flows. In this study, reunification and heat transfer changes after the step were investigated, depending on the intensity of external turbulence in a duct without of pressure gradient change. The results of an experimental study that is widely discussed in literature studies; it has been reached by using the Standard  $k-\epsilon$  model in ANSYS Fluent. After reaching the experimental data with the applied numerical model, the results obtained by using different turbulence intensities were examined. It was found that with increasing turbulence intensity, the length of recombination slowly decreases and the distribution of the local Stanton (St) number increased slowly.

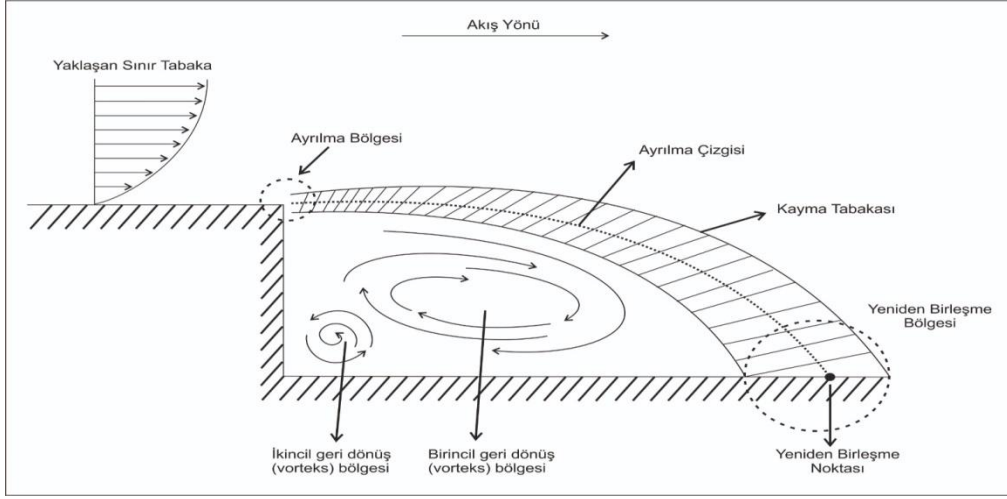
**Keywords:** Backward-facing step flow, reunification, heat transfer, fluid mechanics.

### GİRİŞ

Geri basamak akışları farklı ölçeklerde günlük hayatımızın birçok noktasında karşımıza çıkmaktadır. Bazen farkına dahi varamadığımız bu olay, akışkanlar mekaniğinin temel çalışma alanlarından birisi olan laminer ve türbülanslı akışları bünyesinde barındırmaktadır. Mühendislik hesaplamalarında ve tasarımlarında belirleyici rol oynayabilen bu akış çeşitleri; soğutma sistemleri, yenilebilir enerji üretimi, yanma odaları gibi birçok alanda geri basamak akışlarının uygulaması olarak karşımıza çıkabilmektedir. Bu olaylar karşısında gerekli mühendislik tasarımlarının gerçekleştirilmesi; uygulamalarda karşılaşılabilecek olan zorlukların aşılması, optimal tasarımların gerçekleştirilebilmesi, etkinliğin yükseltilebilmesi ve verimliliğin artırılabilmesi açısından önem arz etmektedir.

Şekil 1’de, bir geri basamak akışının genel yapısı gösterilmektedir. Bu yapıda en dikkat çekici olan unsur aniden değişen kanal yüksekliğidir. Aniden değişen bu kanal yüksekliği, bu olayın literatürde basamak akışı olarak adlandırılmasının nedenidir. Değişen kanal yüksekliğine yaklaşmakta olan bir sınır tabaka, kanal yüksekliğinin değişim noktasında bir ayrılma bölgesi ve bu ayrılma bölgesinden ayrılma çizgisi etrafındaki kayma tabakası ve son olarak ayrılmış olan akışın yeniden kanal tabanı ile bulunduğu yeniden birleşme bölgesidir. Yeniden birleşme bölgesi içerisinde ayrılma çizgisinin kanal tabanı ile bulunduğu noktaya yeniden birleşme noktası olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca yeniden birleşme bölgesi ve kanal yüksekliğinin değiştiği bölge arasında da geri dönüş ya da vorteks bölgeleri meydana gelmektedir.





Şekil 1. Geri basamak akışı temel yapısı

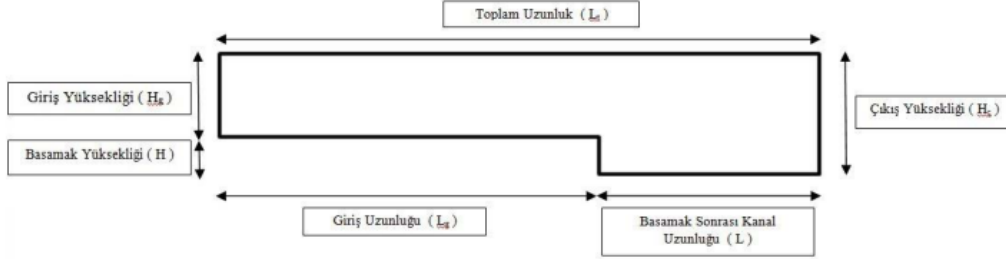
Akışkanlar mekaniği üzerinde çalışmalarda bulunan araştırmacılar ve akademisyenler, konu ile ilgili olarak birçok deneysel ve nümerik çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalardan bazılarını kronolojik olarak ifade etmek gerekirse; Bradshaw ve Wong (1972), türbülanslı akışların basamak sonrasındaki yeniden birleşmeleri ile ilgili çalışmalar yapmış ve türbülans uzunluk ölçeğinin yeniden birleşme sonrasında basamak yüksekliğinden görece bağımsız olduğunu ifade etmişlerdir. Etheridge ve Kemp (1978), türbülans değişimlerinin yeniden birleşme esnasında kütle akışının altıda biri oranında değişim göstererek yeni bir kayma tabakası ortaya çıkardığını belirtmişlerdir. Eaton ve Johnston (1981), farklı deneyler gerçekleştirerek yeniden birleşme uzunluklarını karşılaştırdıklarında birbirinden bağımsız farklı değişkenlerin etkilerini ortaya çıkarmışlardır. Armaly ve ark. (1983), farklı akış rejimlerindeki ayrılma uzunluklarının Reynolds sayısınca karakterize edildiğini belirtmişlerdir. Vogel ve Eaton (1985), basamak sonrasında sabit ısı akışı uygulanmış bir düzenek kullanarak, yeniden birleşme üzerinde ısı transferi etkilerini incelemişlerdir. Driver ve Seegmiller (1985), kapalı bir kanalın tavan genişliğini belirli derecelerdeki değişimleri sonrasında basınç gradyanındaki değişimin, yeniden birleşme noktası üzerinde etkisi olduğunu ortaya koymuşlardır. Isomoto ve Honami (1989), basamağın hemen sonrasındaki bölgedeki türbülansın, yeniden birleşme uzunluğunun belirlenmesinde önemli bir etken olduğunu ifade etmişlerdir. Chiang ve ark. (1997), kapalı kanaldaki akışta tavan bölgesindeki ayrışmanın Reynolds sayısından bağımsız olduğunu belirtmişlerdir.

Geri basamak akışlarında akış karakteristiklerini inceleyerek yeniden birleşme uzunluğunun belirlenmesi başta olmak üzere çeşitli sonuçların incelendiği birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Lee ve Matescu (1998), Iwai ve ark. (2000), Pulat ve Diner (2001), Barkley ve ark. (2002), Biswas ve ark. (2004), Chen ve ark. (2006), Khanefer ve ark. (2008), Hossain ve ark. (2013), Togun ve ark. (2014), Ateş (2015) ve Chen ve ark. (2018) farklı Reynolds sayıları, farklı basamak genişleme oranları, farklı türbülans modelleri ve farklı türbülans şiddetleri uygulayarak akış karakteristikleri üzerindeki değişimleri incelemişlerdir.

Bu makaleye konu olan çalışma ise geri basamak akışlarında dış türbülansın akış karakteristiği ve ısı transferi üzerine etkileridir. Bu amaçla Vogel ve Eaton (1985) tarafından ele alınan deneysel düzende ısı transferi incelemesinde irdelenmeyen dış türbülansın, Isomoto ve Honami (1989) tarafından ele alınan düzende irdelenmeyen ısı transferinin bir aynı çalışmada ele alınmasıdır. Isomoto ve Honami (1989) çalışmasında kullanılan farklı türbülans şiddetleri, Vogel ve Eaton (1985) çalışmasında kullanılarak yerel Stanton sayısı üzerinden ısı transferi ve yeniden birleşme uzunluğu üzerinden akış karakteristiği incelenmiştir.

## MATERYAL VE METOD

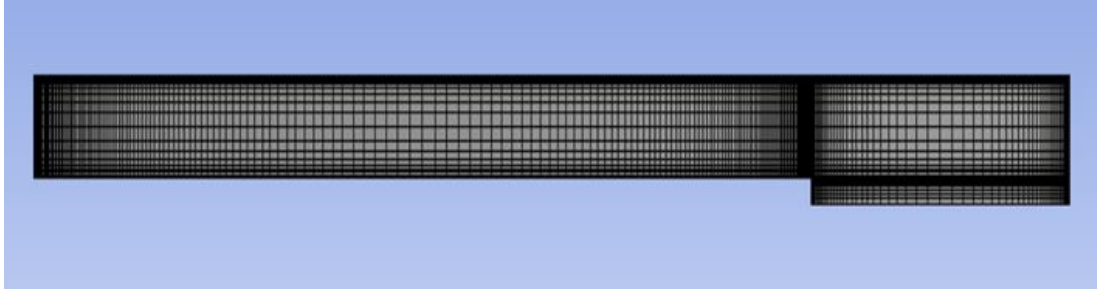
Bilgisayar destekli mühendislik yaklaşımı ile gerçekleştirilen ve bu makaleye konu olan çalışmada öncelikli olarak Vogel ve Eaton (1985) tarafından ele alınan deneysel düzeneğin iki boyutlu tasarımı gerçekleştirilmiştir. Şekil 2’de gösterilen standart geri basamak akışı geometrisi çizilerek, sırasıyla giriş yüksekliği ( $H_g$ ) 152 mm, basamak yüksekliği ( $H$ ) 38 mm, çıkış yüksekliği ( $H_c$ ) 190 mm, basamak sonrası kanal uzunluğu ( $L$ ) 190 mm ve kanalın toplam uzunluğu ( $L_t$ ) 3040 mm olarak girilmiştir.



Şekil 2. Geri Basamak Akışı Geometrisi

Ele alınan geometrinin çizilmesi, nümerik çalışmada kullanılacak olan ağ örgü yapısının (mesh) oluşturulması, oluşturulan ağ örgü yapısı ardından türbülans modellemeleri için simülasyonların uygulanması ANSYS Student 2020 R1 programı içerisinde yer alan FLEUNT analiz sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tasarıma konu olan geometrinin ağ örgü yapısının oluşturulmasında özellikle kanalın üst ve alt tabanlarındaki bölgelerde, kanal genişliğinin değiştiği bölgelerde ağ örgüsünün daha sık bir şekilde oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Şekil 3’te yer alan örgü yapısı 5671 düğüm noktası (node) ve 5400 hücreden (element) oluşmaktadır.



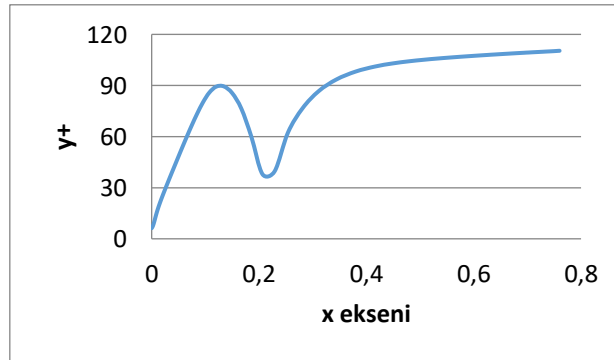
Şekil 3. Kullanılan Ağ Örgü Yapısı

Deneysel düzeneğin geometrik tasarımı ve ağ örgü modellemesinin yapılmasının ardından sınır şartları, Vogel ve Eaton (1985) çalışmasındaki gibi tanımlanmıştır. Buna göre kanalda akışkan olarak hava kullanılmıştır. Uygulanan diğer sınır şartları ve fiziksel büyüklükleri Tablo 1’de gösterilmiştir.

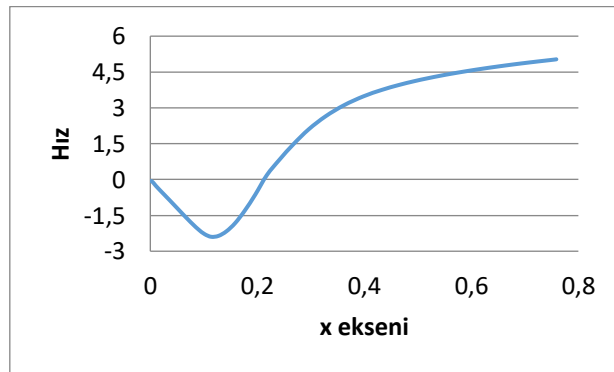
**Tablo 1.** Sınır Şartları ve Sınır Şartlarının Fiziksel Büyüklükleri

Cıdarlara Göre Sınır Şartları		Sınır Şartlarının Fiziksel Büyüklükleri	
Giriş Sınır Şartı	Hız Girişi	Giriş Hızı	11,3 m/sn
		Akışkan Giriş Sıcaklığı	20° C
		Türbülans Şiddeti	% 0,2
Çıkış Sınır Şartı	Basınç Çıkışı	Çıkış Basıncı	0 Pa
Basamak Sonrası Alt Duvar	Sabit Isı Akısı Uygulanmış Duvar	Sabit Isı Akısı	270 W/m <sup>2</sup>
Diğer Duvarlar	Adiyabatik Duvar	Adiyabatik Duvarlar	0° C

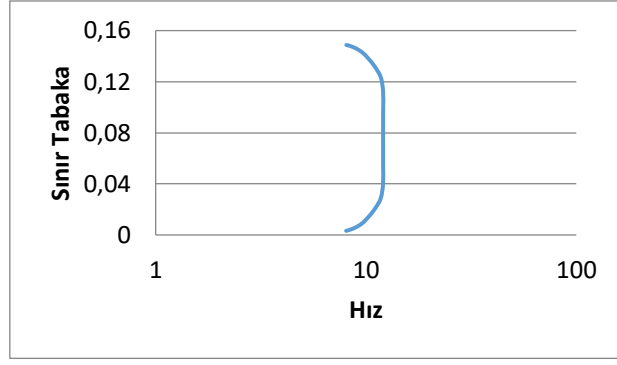
Gerekli tasarımların tamamlanmasının ardından, Standart  $k-\epsilon$  türbülans modeli kullanılarak farklı basınç hız algortimaları, farklı uzaysal ayrıklaştırmalar ve farklı duvar fonksiyonları kullanılarak toplam 60 farklı simülasyon gerçekleştirilmiştir. Vogel ve Eaton (1985) çalışmasında basamak sonrasındaki ısı transferini ifade eden yerel Stanton ( $St$ ) sayısına en yakın sonucu veren simülasyona ulaşılarak, nümerik çalışmanın deneysel çalışmayla yakınsaması bir nevi doğrulaması gerçekleştirilmiştir. Bu doğrulama esnasında gerek duvar fonksiyonların önemli bir parametre olan boyutsuz  $y^+$  değeri, gerekse basamağa yaklaşan sınır tabakanın tam gelişmiş olup olmadığı kontrol edilmiştir. İncelemeler sonrasında en yakın sonucun Realizable  $k-\epsilon$  türbülans alt modeli kullanılarak elde edilmiştir. Bu modele ilişkin diğer parametreler ise birinci derece uzaysal ayrıklaştırma (spatial discretization), SIMPLE basınç hız bağlantı algoritması (pressure-velocity coupling) ve ölçeklenebilir duvar fonksiyonudur (scalable wall function). Yapılan doğrulama çalışmalarına ilişkin grafikler, basamak sonrası alt duvar için Şekil 4 - 7'de gösterilmektedir.



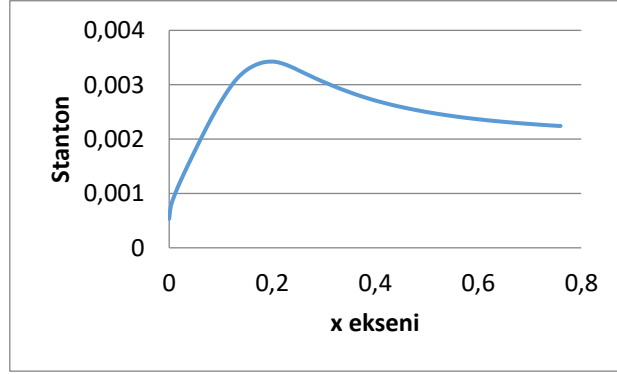
**Şekil 4.**  $y^+$  Değerleri



**Şekil 6.** Yeniden Birleşme Uzunluğu

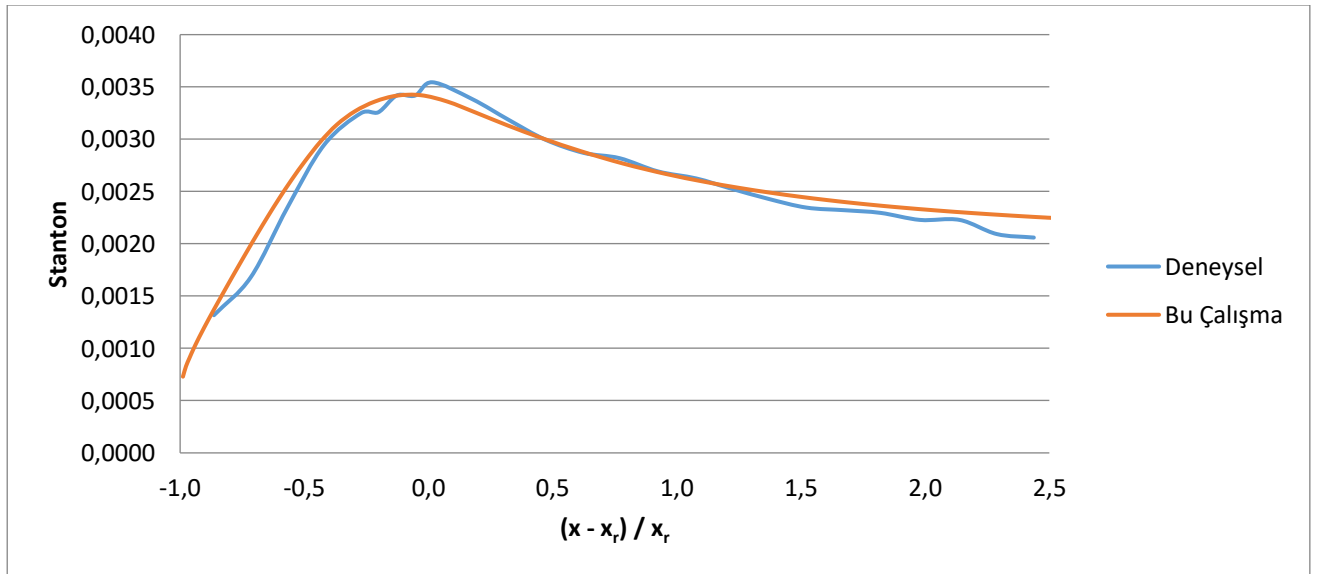


Şekil 5. Hız Profili



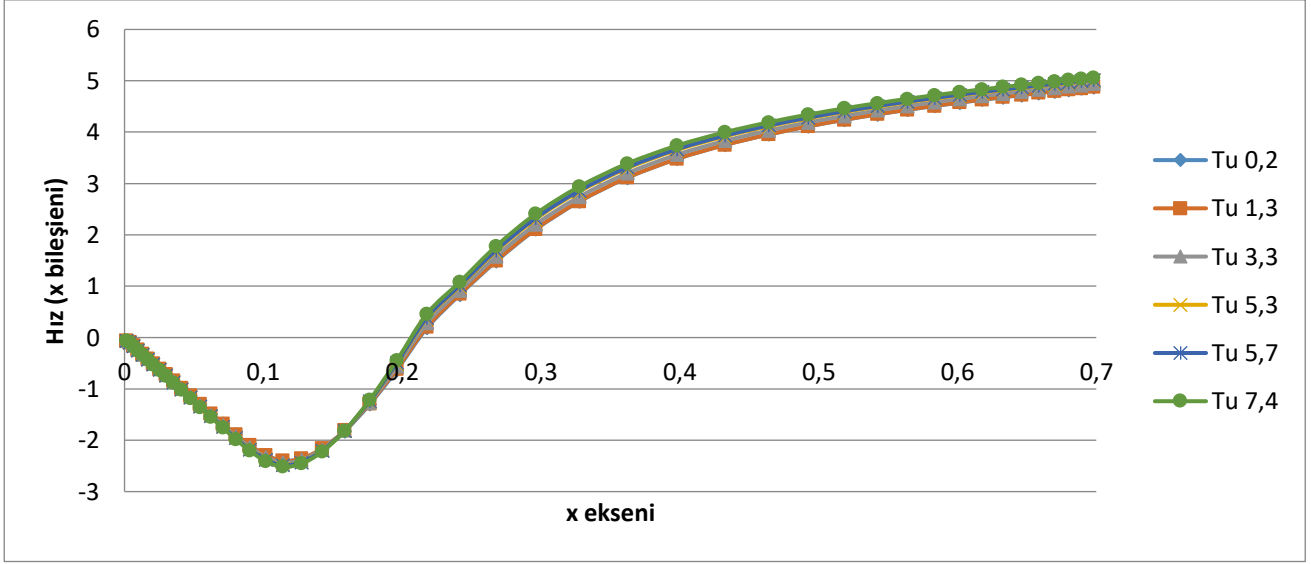
Şekil 7. Stanton Sayısı

Türbülanslı akışlarda  $y^+$  değerinin 30'dan fazla olması beklenmektedir. Şekil 4'te görüldüğü gibi bu durum sağlanmıştır. Ayrıca Şekil 5'te görüldüğü üzere akışkanın giriş hızı olan 11,3 m/sn civarlarında sınır tabaka tam gelişmiş akış profilindedir. Şekil 6'da görüldüğü üzere, yeniden birleşme uzunluğunun belirlenmesinde Haque ve ark. (2007) tarafından yapılan çalışmada olduğu gibi, hız bileşeninin negatif değerden pozitif değere geçtiği 0,2128 m yeniden birleşme uzunluğu ( $x_r$ ) olarak tespit edilmiştir. Bu değer bulunması ile birlikte Şekil 7'deki Stanton sayıları kullanılarak, Şekil 8'deki Vogel ve Eaton (1985) çalışması doğrulanmıştır.



Şekil 8. Stanton Sayısı karşılaştırması

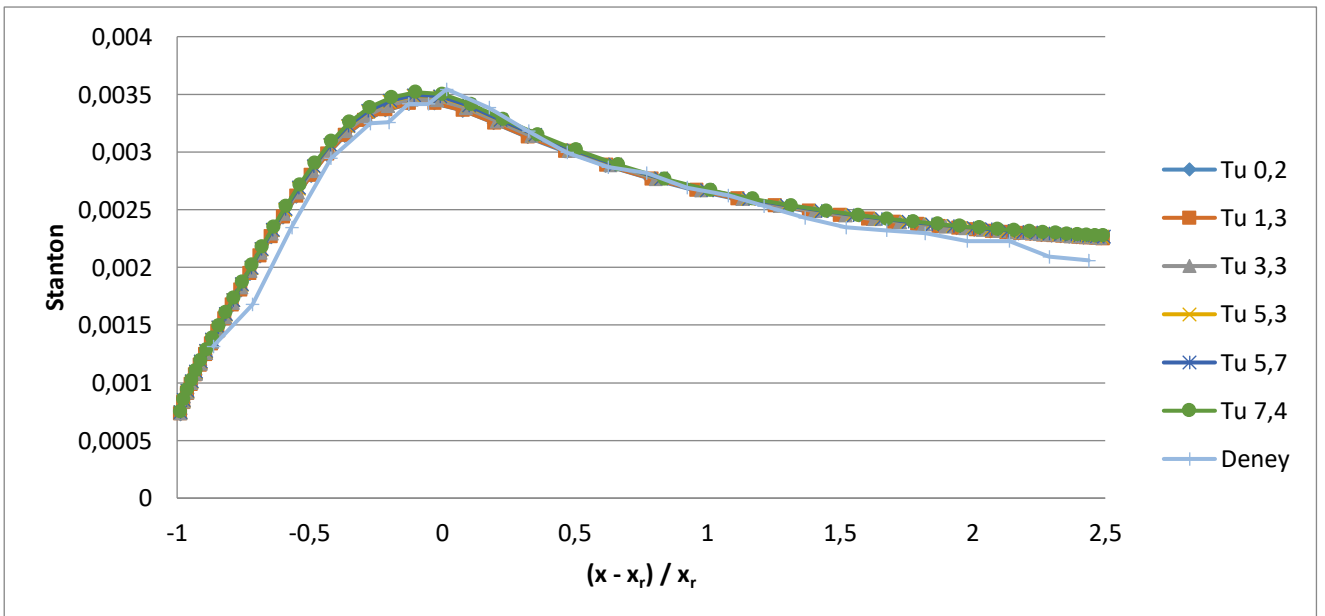
Gerçekleştirilen doğrulama çalışmalarının ardından, bu çalışmanın temel amacını oluşturan farklı türbülans şiddetleri kullanılarak akış karakteristikleri ve ısı transferi üzerinde dış türbülansın etkileri incelenmiştir. Daha önceden belirtildiği gibi Isomoto ve Honami (1989) kullanılan türbülans şiddetleri (Tu) kullanılarak Vogel ve Eaton (1985) çalışmasındaki ısı transferi ile karşılaştırılmıştır. Öncelikli olarak Şekil 9’da farklı türbülans şiddetleri için yeniden birleşme noktaları belirlenmiş ve bu değerler Tablo 2’de ifade edilmiştir. Ardından Şekil 10’da ise farklı türbülans şiddetlerindeki ısı transferleri ile ele alınan deneysel çalışmadaki Stanton sayısı değerleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. Farklı Türbülans Şiddetlerinde Yeniden Birleşme Uzunluğu

Tablo 2. Farklı Türbülans Şiddetlerinde Yeniden Birleşme Noktaları

Türbülans Şiddeti (%)	0,2	1,3	3,3	5,3	5,7	7,4
Yeniden Birleşme Noktası (m)	0,2128	0,2123	0,2106	0,2086	0,2082	0,2067



Şekil 10. Farklı Türbülans Şiddetlerinde Isı Transferi Karşılaştırması

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, geri basamak akışlarında dış türbülansın akış karakteristiklerinde ve ısı transferinde belirleyici etmenlerden biri olduğu sonucuna varılmıştır. Dış türbülans şiddeti arttıkça yeniden birleşme noktası yavaşça azaltmakta olduğu Şekil 9 ve Tablo 2 incelendiğinde görülmektedir. Stanton sayılarına ait olan Şekil 10 incelendiğinde ise dış türbülans şiddetinin artmasıyla da sabit ısı akısı uygulanan geri basamak sonrasındaki alt duvar kısmında ısı transferinin yavaşça arttığı görülmüştür. Yeniden birleşme noktasındaki azalmaya rağmen, Stanton sayısının artması dış türbülansın geri basamak akışlarında ısı transferinin artırılmasına neden olduğu görülmektedir.

## SONUÇ

Geri basamak akışlarında yeniden birleşme noktası ile kanal yüksekliğinin aniden değiştiği bölge arasında oluşan geri dönüşüm bölgesindeki kinetik enerji, oluşan vortekslerden dolayı akışın diğer bölgelerine görece daha yüksektir. Bu durumda yeniden birleşme noktasının büyük olması ısı transferinin artırılması açısından istenilen bir durumdur. Aynı şekilde dış türbülansın artmasıyla ısı transferinin artırılması da mümkündür. Fakat dış türbülansın artırılması ile yeniden birleşme noktasındaki küçülmesi, oluşan geri dönüşüm bölgesinin azalması anlamına da gelmektedir. Bu nedenle tasarımcıların ısı transferinin maksimizasyon problemlerinde bu durumu göz önünde bulundurarak tasarım gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

## TEŞEKKÜR

Akademik çalışmalarda bulunan çalışanlarına, gerekli manevi desteği gösterdiğinden ötürü çalıştığım kurum olan Güney Marmara Kalkınma Ajansı'na teşekkür ederim.

## KAYNAKLAR

- Armaly BF, Durst F, Pereira JCF, Schönung B 1983. Experimental and theoretical investigation of backward-facing step flow. *J. Fluid Mech*, 127: 473-496.
- Ateş M 2015. Geri basamak akışlarında dış türbülansın ve basınç gradyeninin ısı transferi üzerine etkileri. Yüksek lisans tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.
- Barkley D, Gomes MGM, Henderson RD 2002. Three-dimensional instability in flow over a backward-facing step. *J. Fluid Mech*, 473: 167-190.
- Biswas G, Breuer M, Durst F 2004. Backward-facing step flows for various expansion ratios at low and moderate Reynolds numbers. *ASME*, 126: 362-374.
- Bradshaw P, Wong FYF 1972. The reattachment and relaxation of a turbulent shear layer. *J. Fluid Mech*, 52: 113-135.
- Chen L, Asai K, Nonomura T, Xi G, Liu T 2018. A review of backward-facing step (BFS) flow mechanism, heat transfer and control. *Thermal Science And Engineering Process*, 6: 196-216.
- Chen YT, Nie JH, Armaly BF, Hsieh HT 2006. Turbulent separated convection flow adjacent to backward-facing step – effects of step height. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 49: 3670-3680.
- Chiang TP, Sheu TWH, Tsai SF 1997. Topological flow structures in backward-facing step channels. *Computers & Fluids*, 26: 321-337.
- Driver DM, Seegmiller HL 1985. Features of a reattaching turbulent shear layer in divergent channel flow. *AIAA Journal*, 23: 163-171.
- Eaton JK, Johnston JP 1981. A review for research on subsonic turbulent reattachment. *AIAA Journal*, 19: 1092-1100.
- Etheridge DW, Kemp PH 1978. Measurements of turbulent flow downstream of rearward-facing step. *J. Fluid Mech*, 86: 545-566.
- Haque A, Ahmad F, Yamada S, Chaudhry SR 2007. Assessment of turbulence models for turbulent flow over backward facing step. *World Congress on Engineering*, 2-4 July 2007, London, UK.
- Hossain MA, Rahman T, Ridwan S 2013. Numerical investigation of fluid flow through a 2D backward facing step channel. *International Journal Of Engineering Research & Technology*, 2: 3700-3708.
- Isomoto K, Honami S 1989. The effect of inlet turbulence intensity on the reattachment process over a backward facing step. *Journals of Fluids Engineering*, 111: 87-92.

- Iwai H, Nakabe K, Suzuki K 2000. Flow and heat transfer characteristics of backward-facing step laminar flow in a rectangular duct. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 43: 457-471.
- Khanefer K, Al-Azmi B, Al-Shammari A, Pop I 2008. Mixed convection analysis of laminar pulsating flow and heat transfer over a backward-facing step. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 51: 5785–5793.
- Lee T, Mateescu D 1998. Experimental and numerical investigation of 2D backward facing step flow. *Journals of Fluids and Structures*, 12: 703-716.
- Pulat E, Diner M 2001. Geri basamak akışının nümerik analizi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 7: 29-34.
- Togun H, Safaei MR, Sadri R, Kazi SN, Badarudin A, Hooman K, Sadeghinezhad E 2014. Numerical simulation of laminar to turbulent nanofluid flow and heat transfer over a backward-facing step. *Applied Mathematics and Computation* 239: 153–170.
- Vogel JC, Eaton JK 1985. Combined heat transfer and fluid dynamic measurements downstream of a backward-facing step. *Journal of Heat Transfer*, 107: 922-929.

## 2-Etilhekzil esterlerinin sentezi ve yağlayıcılık özelliklerinin incelenmesi

Emine Demir<sup>1,2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8716-4520>), Haydar Göksu<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4465-3057>)

<sup>1</sup>Düzce Üniversitesi, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü,  
Düzce, Türkiye

<sup>2</sup>3-S Mühendislik Müşavirlik San. ve Tic. A.Ş. Düzce, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: byndemir081@gmail.com

### Özet

Metal işleme sanayinin hızla gelişmesi ile kullanımı gittikçe artmakta olan metal kesme sıvıları, ısı olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve imalatı kolaylaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Metal işleme sıvıları yağlayıcı ve soğutucu özelliklere sahip çeşitli kimyasal katkıları içermektedir. Bu kimyasal katkı maddelerin hem insan sağlığına hem de çevreye zarar verdiği bilinmektedir. Metal işleme teknolojisinin ilerlemesiyle metal kesme sıvılarındaki beklentiler artmış ve bundan dolayı metal kesme sıvıları bir çok katık (Korozyon, aşınma, bakteri ve küf oluşumunu önleyici katkılar, köpük kesiciler gibi) ilavesiyle geliştirilmiştir. Bu yüzden son yıllarda metal işleme sıvıları içerisindeki mineral yağlar ve katkı maddelerine alternatif olacak çevreye duyarlı ekolojik kesme sıvılarının üretilmesi ile ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Metal kesme sırasında ilk olarak kullanılan sıvı sudur, fakat son yıllarda su-yağ emülsiyonları gibi ürünler kullanılmaktadır. Suyla karışabilen metal kesme sıvılarında su soğutmaya sağlarken yağ da yağlama ve aşınma fonksiyonunu yerine getirmektedir. Bu amaçla 2-etilhekzil alkol ve bazı karboksilik asit türevleri kullanılarak PdAlO(OH) NPs etkisinde ve ısı şartlarında 2-etilhekzil 4-(dimetilamino)benzoat, 2-etilhekzil salisilat, 2-etilhekzil benzoat, 2-etilhekzil 4-metoksi sinamat gibi ester türevleri elde edilmiştir. Sentezlenen 2-etilhekzil ester türevleri <sup>1</sup>H/<sup>13</sup>C-NMR ve IR analizleri ile karakterize edilmiştir. Ayrıca elde edilen her bir ürüne asit numarası ve sabunlaşma sayısı gibi testler yapılmıştır. Dahası sentezlenen her bir esterle farklı konsantrasyonlarda (%2, %4 ve %6) hazırlanan formülasyonlar için viskozite ve yağlayıcılık testi yapılmıştır. Sonuç olarak 2-etilhekzil ester türevleri yeni bir heterojen katalizör eşliğinde sentezlenmiş ve ürünlerin yağlayıcılık özellikleri değerlendirilmiştir. Oluşturulan formülasyonlarla endüstriyel olarak kullanılacak metal işlem sıvıları elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** 2-etilhekzil ester, yağlayıcılık, metal işlem sıvıları, PdAlO(OH) NPs

### Synthesis of 2-Ethylhexyl Esters and Investigation of their Lubricating Properties

#### Abstract

Metal cutting fluids, which are increasingly used with the rapid development of the metal processing industry, are widely used to eliminate thermal problems and facilitate production. Metalworking fluids contain various chemical additives with lubricating and cooling properties. These chemical additives are known to harm both human health and the environment. With the advancement of metal processing technology, the expectations in metal cutting fluids have increased and therefore metal cutting fluids have been developed with the addition of many additives (such as additives that prevent corrosion, abrasion, bacteria and mold formation, antifoams). Therefore, in recent years, studies have been carried out to produce environmentally friendly ecological cutting fluids that will be an alternative to mineral oils and additives in metalworking fluids. The first liquid used in metal cutting is water, but in recent years products such as water-oil emulsions have been used. While providing water cooling in metal cutting fluids that can be mixed with water, oil fulfills the function of lubrication and wear. For this purpose, 2-ethylhexyl 4- (dimethylamino) benzoate, 2-ethylhexyl salicylate, 2-ethylhexyl benzoate, 2-ethylhexyl 4-methoxy cinnamate under the influence of PdAlO (OH) NPs and heat conditions using 2-ethylhexyl alcohol and some carboxylic acid derivatives. derivatives were obtained. The synthesized 2-ethylhexyl ester derivatives were characterized by <sup>1</sup>H / <sup>13</sup>C-NMR and IR analysis. In addition, tests such as acid number and saponification number of each product obtained were made. Moreover, viscosity test and lubricity test were performed for formulations prepared in different concentrations (2%, 4% and 6%) with each synthesized ester. As a result, 2-ethylhexyl ester derivatives were synthesized with a new heterogeneous catalyst and the lubricity properties of the products were evaluated. Metal working fluids that can be used industrially were obtained with the formulations.

**Keywords:** 2-ethylhexyl ester, lubricity, metalworking fluids, PdAlO(OH) NPs

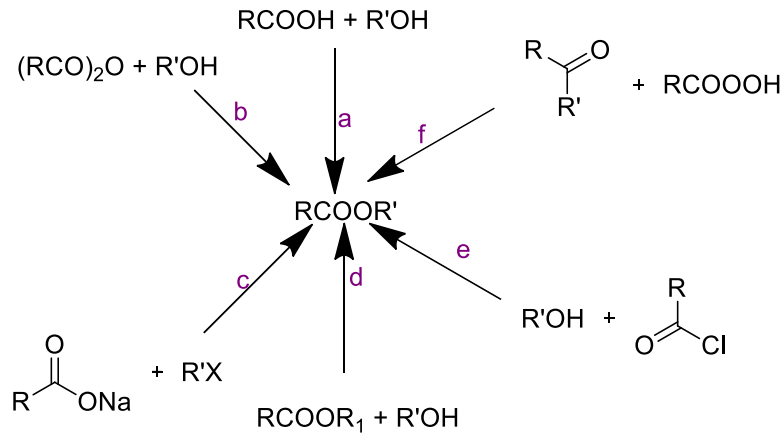


## GİRİŞ

Geleneksel metal işleme sıvıları, saf yağlardan bir metal işleme solüsyonunda çözünür yağlara ve emülsiyon haline getirilebilir metal işleme sıvılarına kadar çeşitlilik gösterirler. Metal işleme sıvıları, cihazda kullanılan metal parçadaki sürtünmeyi azaltmak ve metal parçanın sıcaklığını kontrol etmek için yağlama sağlar (Doll ve Sharma 2011). Ayrıca korozyondan koruma, mikroorganizmaların kontrolü ve temizlik gibi ikincil işlevleri de yerine getirirler. Bu talepleri karşılamak için metal işleme sıvıları; emülsiyonlar, dağıtıcılar, aşınma önleyici katkı maddeleri, aşırı basınç katkı maddeleri, korozyon ve pas önleyiciler, biyositler, kuplörler, metal pasifleştiriciler, metal kenetleme maddeleri ve köpük önleyiciler dahil birçok katkı maddesi ile donatılmıştır (Waskitoaji ve ark. 2012).

Su ile karışabilen metal işlem sıvılarının ham yağlara göre; daha düşük maliyet, daha yüksek soğutma kabiliyeti, daha yüksek işleme hızları, düşük yangın riski, düşük yağ buharı gibi birçok avantajı bulunmaktadır. Ayrıca su ile karışabilen metal işlem sıvıları, işleme sırasında oluşan metal talaşların ortamdan uzaklaştırılması için de ciddi bir avantaj sağlamaktadır (Moser ve ark. 2007).

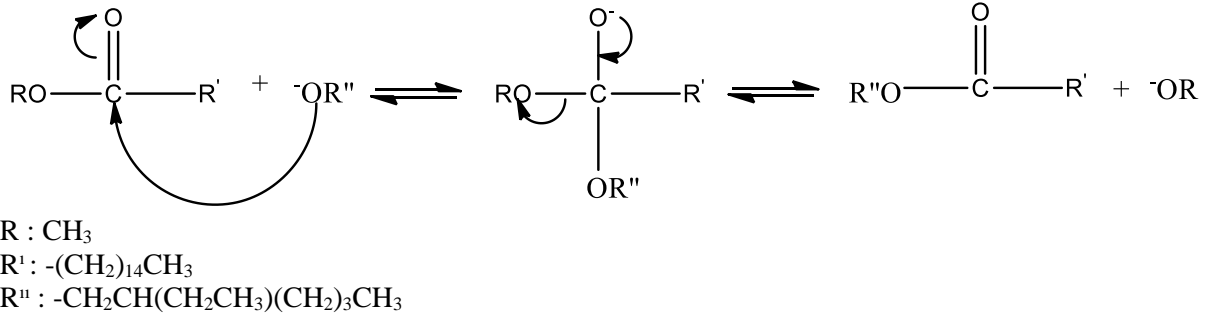
Esterler alkol ve karboksilik asit arasında oluşan bir denge tepkimesiyle meydana gelirler. Esterlerin çoğunun kendine has karakteristik kokuları vardır ve bu sayede parfüm yapımında kullanılmaktadır (Erdik ve ark. 2007).



Şekil 1. Ester Sentez Yöntemleri

Esterlerin yaygın sentez yöntemi (Şekil 1), karboksilik asit ve alkolün asit katalizli ortamda kondenzasyon reaksiyonu sonucunda meydana gelmesidir. Yöntem, en iyi sonucu primer alkol kullanıldığında vermektedir. Yöntemde sekonder alkol kullanıldığında iyi sonuç verirken tersiyer alkol kullanılması durumunda iyi sonuç vermemektedir. Reaksiyon bir denge reaksiyonudur. Dengeye çabuk erişebilmek için genellikle kuvvetli anorganik asitlerden olan sülfürik asit, hidroklorik asit ve p-toluensülfonik asit kullanılmaktadır. Dengenin ürün tarafında (ester) olması için sentez sırasında girdiler kısmında bulunan alkolün genellikle fazlası alınır. Ayrıca ester ile birlikte oluşan su azeotropik damıtma ile uzaklaştırılır ve çözücü reaksiyon ortamına tekrar gönderilir. Kaynama noktası yüksek olan alkollerin kullanıldığı esterifikasyon reaksiyonlarında azeotropik damıtma yönteminden yararlanılır. Karboksilik asidin aşırısının alındığı durumlarda ise esterleşme olduktan sonra karışım  $NaHCO_3$  çözeltisi ile yıkanarak asit uzaklaştırılır (a). Anhidritler, alkollerle hidroliz edilerek esterler elde edilmektedir. Genellikle katalizör olarak sülfürik asit,  $ZnCl_2$ , sodyum asetat ve borik asit tercih edilmektedir. (b). Karboksilik asit tuzları ile alkil halojenürlerin nükleofilik yer değiştirme reaksiyonu ile ester oluşmaktadır (c). Trans esterleşme reaksiyonunda reaktiflerden biri aşırı miktarda kullanılır veya oluşan ürünlerden biri ortamdan uzaklaştırılırsa denge sağa kaydırılır. Bu yöntemle yağ asitlerinin metil veya etil esterleri sentezlenerek dizel motorlarda biodizel yakıt olarak kullanılmaktadır (d). Açılhalojenürlerin bazik ortamda alkollerle olan reaksiyonu (Schotten-Baumann reaksiyonu) sonucu esterler meydana gelmektedir (e). Karbonil bileşiklerinin peroksit ile yükseltgenmesi sonucu ester oluşur (f) (Tüzün 1996).

Habib ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada Hurma yağı metil esterinin 2-etilheksanol (2EH) ile transesterifikasyon reaksiyon sonucu yaklaşık %98 verimle hurma yağı bazlı etilheksil ester sentezlenmiştir. Fazla miktarda 2-etilheksanol kullanılması ve metanolün vakumla sürekli ortamdan uzaklaştırılması, reaksiyonun 10 dakikadan daha kısa sürede tamamlanmasını sağlamıştır. Sentezlenen 2-etilheksil oleat ile geliştirilen delme sıvısının akma noktası  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  olarak ölçülmüştür. Ester oluşum mekanizması Şekil 2' de gösterilmiştir (Habib ve ark. 2014).



Şekil 2. Ester oluşum mekanizması.

Cermak ve Isbell tarafından yapılan çalışmada yağ asitlerinin 2-etilhekzil alkol ile 24 saat boyunca, 45-55 °C 'de ve 0.4 mol perklorik asit eşliğinde ilgili esterler sentezlenmiştir. Sonuç olarak sentezlenen esterler içerisindeki oleik-dekanoat estolid 2-etilheksil ester, OD-EH-45, -39 °C'lik akma noktası ile üretilmiştir. Genel olarak, tüm doymuş estolid esterleri düşük sıcaklıkta iyi performans göstermiştir (Cermak ve Isbell 2002).

Pipus ve arkadaşları tarafından yapılan çalışma da benzoik asidin 2-etilheksanol ile esterleştirilmesinde homojen ve heterojen katalizörler kullanılmıştır. Esterleştirme, sülfürik asit ve para-toluen sülfonik asit ile homojen olarak katalize edilmiştir. Heterojen katalizörler olarak Cs<sub>2.5</sub>H<sub>0.5</sub>- PW<sub>12</sub>O<sub>40</sub>, sülfatlanmış ZrO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> ve montmorillonite KSF kullanılmıştır. Yüksek basınç ve yüksek sıcaklık çalışma koşulları, esterleştirme reaksiyon hızının büyük ölçüde artmasına izin vermiştir. Sonuçlar, homojen katalizörlerin heterojen katalizörlerden daha etkili olduğunu göstermektedir. Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, test edilen katı katalizörler arasında en etkili katalizör olduğu rapor edilmiştir (Pipus ve ark. 2002).

Lacaze-Dufaure ve Mouloungui tarafından yapılan çalışmada oleik asit ve 2-etilhekzanol; para-toluen sülfonik asit (p-TSA) katalizörlüğünde 140-170 °C' de reaksiyona sokulmuştur. Katalizör ilave edilmeden alkollü ortamda 280 °C' de 170 dakikada yüksek verimde ester sentezlenmiştir (Lacaze-Dufaure ve Mouloungui 2000).

Corazza ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada, yağ asitlerinin (oleik, linoleik ve stearik asit) alkollerle (1-bütanol ve 1-heksanol) ticari bir katalizör olan ZnCl<sub>2</sub> eşliğinde reaksiyona sokulmasıyla bazı ester sentezleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3) (Paiva, ve ark. 2015).



Şekil 3. Alkolün nükleofilik bir sübstituent saldırısı ile ester oluşumu

Ester sentez çalışmalarında literatürde ZnCl<sub>2</sub> (Paiva ve ark. 2015), MgO ( Gryglewicz 1999), PbO (Singh ve ark. 2014), CaO (Gryglewicz 2000), ZnO ( Vedage ve ark. 1985) gibi bazı heterojen katalizörler kullanılmıştır.

Bu çalışmada, 2-etilhekzil alkol ve bazı karboksilik asit türevleri kullanılarak PdAlO(OH) NPs etkisinde ve ısı şartlarında 2-etilhekzil 4-(dimetilamino)benzoat, 2-etilhekzil salisilat, 2-etilhekzil benzoat, 2-etilhekzil 4-metoksi sinamat gibi ester türevleri sentezlenmiştir. Sentezlenen 2-etilhekzil ester türevleri <sup>1</sup>H/<sup>13</sup>C-NMR ve IR analizleri ile karakterize edilmiştir. Her bir ester için asit numarası ve sabunlaşma sayısı testi yapılmıştır. Ayrıca elde edilen her bir ürünün farklı konsantrasyonlarda (%2, %4 ve %6) hazırlanan formülasyonları için viskozite testi ve yağlayıcılık testi yapılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

### Materyaller

Sentez esnasında kullanılan karboksilik asit türevleri, 2-etilhekzil alkol ve Pd/AlO(OH) NPs Sigma-Aldrich'den tedarik edilmiş ve saflaştırılmadan kullanılmıştır.

Sentezlenen esterlerin <sup>1</sup>H/<sup>13</sup>C-NMR spektrumları için BRUKER BIOSPIN Nükleer Manyetik Rezonans Spektrometresi AVANCE III 400MHz cihazı kullanılmıştır. FTIR spektrumları için PerkinElmer Spectrum Two 4000-400 cm<sup>-1</sup> ATR cihazı kullanılmıştır.

### 2-etilhekzil Esterlerinin Sentezi

1 mmol karboksilik asit ve 1 mmol 2-etilhekzil alkol 250 ml'lik 3 boyunlu balona ilave edilip daha sonra % 0,14 mmol PdAlO(OH)NPs ilave edildikten sonra 50 ml tolüen eklenmiştir. Reaksiyon kabı 180-185 °C sıcaklık aralığında tutularak Dean Stark eşliğinde 8-10 saat arasında reaksiyonlar devam ettirilmiştir. Reaksiyonun

tamamlanıp tamamlanmadığı TLC yöntemi ile takip edilmiştir. Reaksiyon tamamlandıktan sonra tolüen evaporatör eşliğinde uzaklaştırılıp kalıntı etilasetat eşliğinde ayırma hunisine alınmıştır. Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ile work up tekniği uygulanmıştır. Organik fazlar birleştirilerek Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> üzerinden kurutulup çözücü evaporatör ile uzaklaştırılmıştır. Nihai ürün % 20 etilasetat-hekzan çözücü karışımında kolon kromatografisi ile saflaştırılmıştır. Ürünler <sup>1</sup>H-NMR, <sup>13</sup>C-NMR ve FTIR ile karakterize edilmiş ve karakterize edilen ürünlerin spektrum dataları aşağıda verilmiştir.

#### **2-etilhekzil 4-(dimetilamino) benzoat**

<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 8.13 – 7.75 (m, 2H), 6.67 (d, *J* = 9.0 Hz, 2H), 4.35 – 4.00 (m, 2H), 3.06 (s, 6H), 1.79 – 1.64 (m, 1H), 1.55 – 1.25 (m, 8H), 0.98-0,87 (m, 6H).

<sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 167.18, 153.24, 131.20, 117.47, 110.73, 66.53, 40.08, 39.04, 30.68, 29.05, 24.08, 23.03, 14.09, 11.16. c)

IR (cm<sup>-1</sup>) : 2957.56, 2928.2, 2859.8, 1699.1, 1605.8, 1271.7, 1180.1.

#### **2-etilhekzil salisilat**

<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 10.89 (bs, 1H), 7.86 (dd, *J* = 8.0, 1.6 Hz, 1H), 7.61 – 7.40 (m, 1H), 7.01 (d, *J* = 8.4 Hz, 1H), 6.96 – 6.83 (m, 1H), 4.42 – 4.10 (m, 2H), 1.82-1,68 (m, 1H), 1,55-1,25 (m, 8H), 1,02-0,85 (m, 6H).

<sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 170.31, 161.67, 135.57, 129.81, 119.12, 117.59, 112.71, 67.63, 38.85, 30.52, 28.98, 23.94, 22.97, 14.05, 11.08.

IR (cm<sup>-1</sup>) : 3182.7, 2959.9, 2930.6, 2861.1, 1672.2, 1614.2, 1298.9, 754.5.

#### **2-etilhekzil 4-metoksi sinnemat**

<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 7.65 (d, *J* = 16.0 Hz, 1H), 7.51 (d, *J* = 8.7 Hz, 2H), 6.93 (d, *J* = 8.8 Hz, 2H), 6.34 (d, *J* = 16.0 Hz, 1H), 4.40 – 4.03 (m, 2H), 3.86 (s, 3H), 1.72-1,62 (m, 1H), 1.49 – 1.26 (m, 8H), 0.98-0,86 (m, 6H).

<sup>13</sup>C NMR (100 Hz, CDCl<sub>3</sub>): δ 161.32, 154.34, 144.15, 129.70, 115.86, 114.30, 66.84, 55.38, 38.90, 30.49, 28.98, 23.87, 23.00, 14.07, 11.05.

IR (cm<sup>-1</sup>): 2955.6, 2924.1, 2855.3, 1737.0, 1466.0, 1165.8, 1104.8.

#### **2-etilhekzil benzoat**

<sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 8.40 – 7.99 (m, 2H), 7.89 – 7.37 (m, 3H), 4.58 – 3.83 (m, 2H), 2.05 – 1.66 (m, 1H), 1.63 – 1.18 (m, 8H), 1,02-0,85 (m, 6H).

<sup>13</sup>C NMR (100 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 166.77, 132.79, 130.60, 129.53, 128.35, 67.32, 38.95, 30.61, 29.01, 24.01, 22.99, 14.05, 11.11.

IR (cm<sup>-1</sup>) : 2959.1, 2929.4, 2860.5, 1718.0, 1451.6, 1268.3, 1109.9, 707.8.

### **Sentezlenen Esterler İçin Yapılan Testler**

#### **Asit numarası tayini**

Sentezlenen üründen 2 g numune (m) tartımı yapıldıktan sonra numunenin üzerine ksilen ve izopropil alkol karışımı 80 ml (40 : 40) ml ilave edilip 3 damla fenol ftalein indikatörü damlatılmakta ve renk değişimi olana kadar 0,5 N KOH (M<sub>A</sub>=56,11 g/mol) ile titre edilmektedir. Harcanan KOH'in sarfiyatı (ml) (V1) üzerinden Eşitlik 1'e göre işlemler yapılarak asit numarası hesaplanır.

$$\text{Asit Numarası } \left( \frac{\text{mgKOH}}{\text{g}} \right) = \frac{V1 (\text{ml}) \times 56,11 \left( \frac{\text{g}}{\text{mol}} \right) \times 0,5N}{m (\text{g})} \quad (1)$$

V1: Numunenin titrasyonunda harcanan 0,5 N KOH çözeltisi (ml)

MA : Titrasyonda kullanılan KOH molekül ağırlığı 56,11 g/mol

m: Alınan numune miktarı (g)

#### **Sabunlaşma sayısı**

Sentezlenen üründen cam balona 2 g numune (m) tartımı yapıldıktan sonra numunenin üzerine 0,5 N 25 ml KOH (M<sub>A</sub>= 56,11 g/mol) ilave edilir ve kaynama taşı konularak geri soğutucu altında 90 °C'de 1 saat süren bir reaksiyon başlatılır. Aynı şekilde bir cam balona da 0,5 N 25 ml KOH ilave edilip kaynama taşı konularak geri soğutucu altında 90 °C'de 1 saat süren bir reaksiyon başlatılır (Kör deneme). 1 saat sonunda her iki sisteme 25 ml %99 saflıkta izopropil alkol ilave edilerek soğumaya bırakılmaktadır. Numuneler soğuduktan sonra üzerine 3 damla fenol ftalein damlatılır ve oluşan mor renk kaybolana kadar 0,5 N HCl ile titre edilmektedir.

Kör numune için harcanan HCl sarfiyatı (V2), sentezlenen ürün için harcanan HCl sarfiyatı (V1) üzerinden Eşitlik 2'ye göre işlemler yapılarak sabunlaşma sayısı hesaplanır.

$$\text{Sabunlaşma Sayısı} \left( \frac{mgKOH}{g} \right) = \frac{V2-V1 (ml) \times 56,11 \left( \frac{g}{mol} \right) \times 0,5N}{m (g)} \quad (2)$$

V2: Blank denemenin titrasyonunda harcanan 0,5 N HCl çözeltisi (ml)

V1: Numunenin titrasyonunda harcanan 0,5 N HCl çözeltisi (ml)

MA : Titrasyonda kullanılan KOH'molekül ağırlığı 56,11 g/mol

m: Alınan numune miktarı (g)

### Metal İşlem Sıvıları İçin Yapılan Testler

Sentezlenen esterlerin endüstriyel alanda kullanımına dayanarak metal işlem sıvısı formülasyonları geliştirilmiştir. Geliştirilen formülasyonlarda %2, %4 ve % 6 oranında ester kullanılmıştır. Son olarak bu formülasyonlara ait ürünlere viskozite ve yağlayıcılık testi yapılmıştır.

#### Viskozite testi

30 ml'lik deney tüpüne 20 ml numune konularak 40 °C' deki su içerisine deney tüpü dik bir şekilde yerleştirildi. Deney tüpünün belirlenmiş aralığından geçen numunenin geçtiği süre kaydedildi. Geçen süre saniye cinsinden tespit edildi. Süre ile tüpün katsayısı çarpılarak ürünün 40 °C'deki viskozitesi Eşitlik 3'e göre hesaplandı. Yapılan deneyler sırasında kullanılan tüpün katsayısı 0,3209'dir.

$$\text{Viskozite Testi} = Tk \times \text{Süre (s)} \quad (3)$$

$$Tk = \text{Tüpün Katsayısı (0,3209)}$$

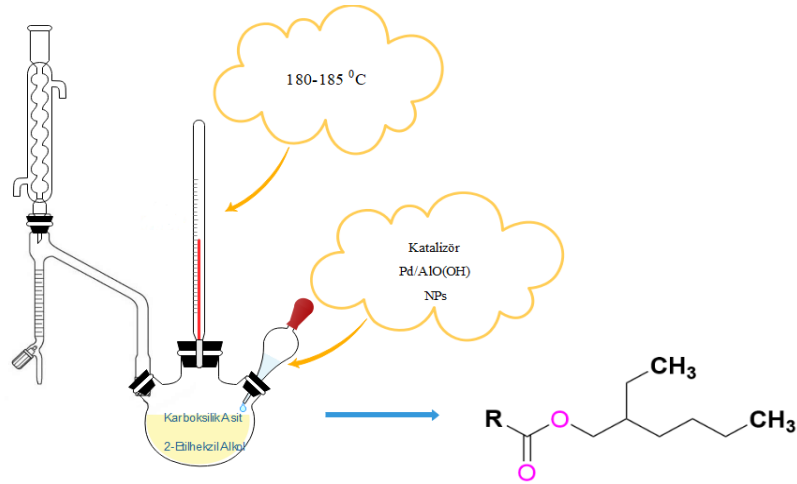
#### Yağlama Performans testi (Reichert Test)

Sentezlediğimiz esterin metal işlem sıvılarında yağlama performansına etkisi ve işlenen metal yüzeyinde kaliteyi artırıcı etki göstermesi Reichert Test cihazı ile test edildi. Reichert testinde 30 ml metal işlem sıvısı hazneye konuldu ve içerisine dönen rulman yarı konumlu yerleştirildi. İşlem görmemiş bilye, oyuğuna yerleştirildi. Yara izini oluşturmak için 200 Newton'luk basınçla test başlatıldı. Test süresince dönen metal rulman, metal işlem sıvısı ile muamele edilir ve bilyeyle arasında metal işlem sıvısı kalır. Test sırasında kullanılan bilye metal işlem sıvısı tarafından ne kadar korunursa bilye üzerinde yara izi o kadar az oluşur. Test sonucunda bilye bulunduğu konumdan çıkarıldı ve yara izinin en boy ölçümü (milimetre cinsinden) yapılarak Eşitlik 4'e göre hesaplandı.

$$\text{Yağlama Performans Testi} = \frac{\text{Yara İzi (en)mm} \times \text{Yara İzi (boy)mm} \times 3,14}{4} \quad (4)$$

### BULGULAR ve TARTIŞMA

4-(dimetilamino)benzoik asit, salisilik asit, 4-metoksisinnemik asit ve benzoik asit çıkış maddesi olarak kullanıldı. Bu asitler ile birlikte 2-etilhekzil alkol de kullanılarak esterleşme reaksiyonu gerçekleştirildi (Şekil 4).



Şekil 4. 2-etilhekzilester türevlerinin sentez şeması

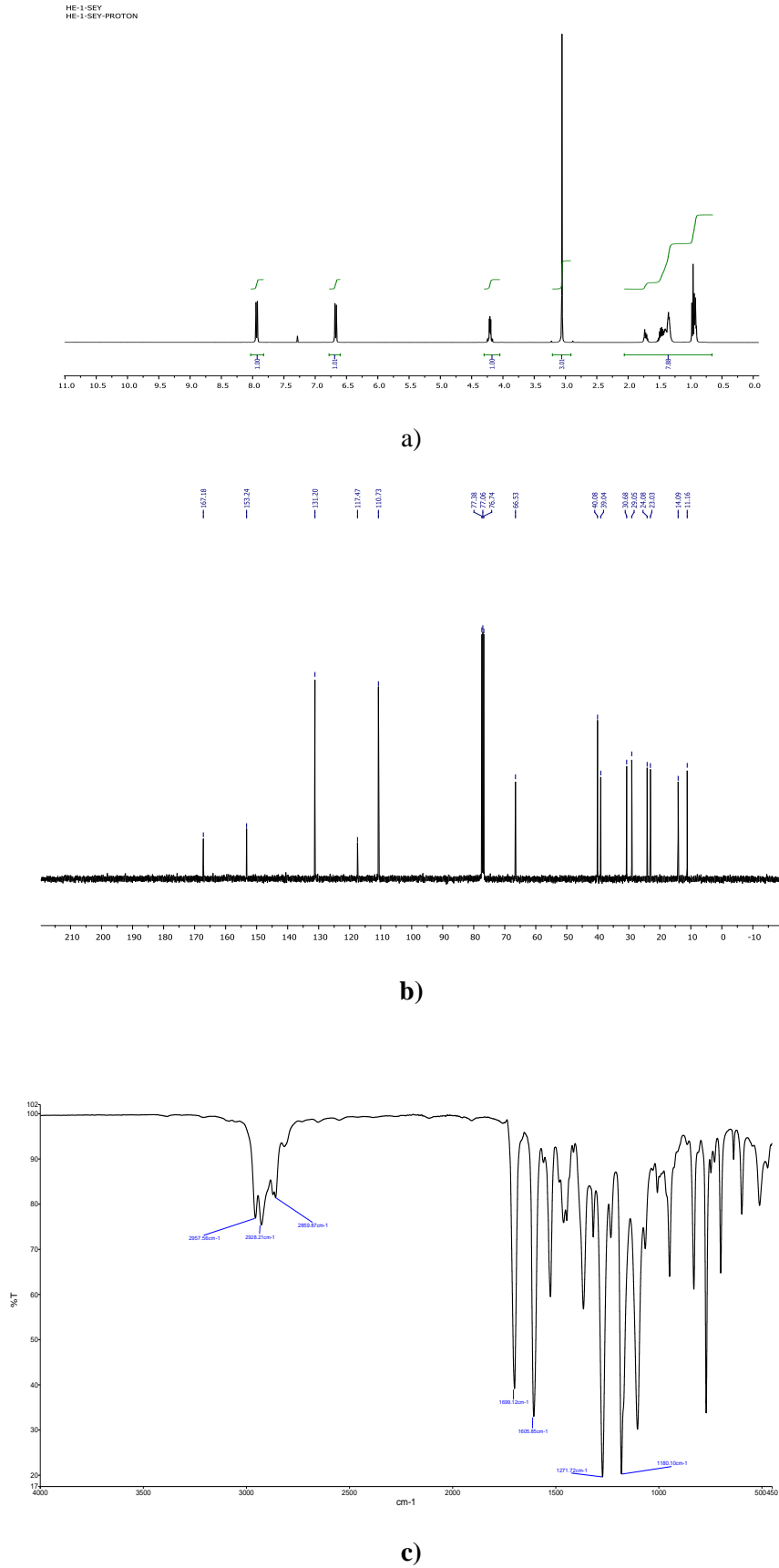
Literatür çalışmalarında PdAlO(OH) NPs katalizörü; kenetlenme (Göksu ve ark. 2018), hidrojenasyon (Göksu H 2015) ve dehalojenasyon (Kara ve ark. 2016) reaksiyonlarında kullanılmıştır. Ancak ester sentezi reaksiyonlarında PdAlO(OH) NPs ilk kez kullanılmıştır. Oluşan ürünler ve çıkış maddeleri Tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. 2-Etilhekzilester Türevlerinin Sentezi

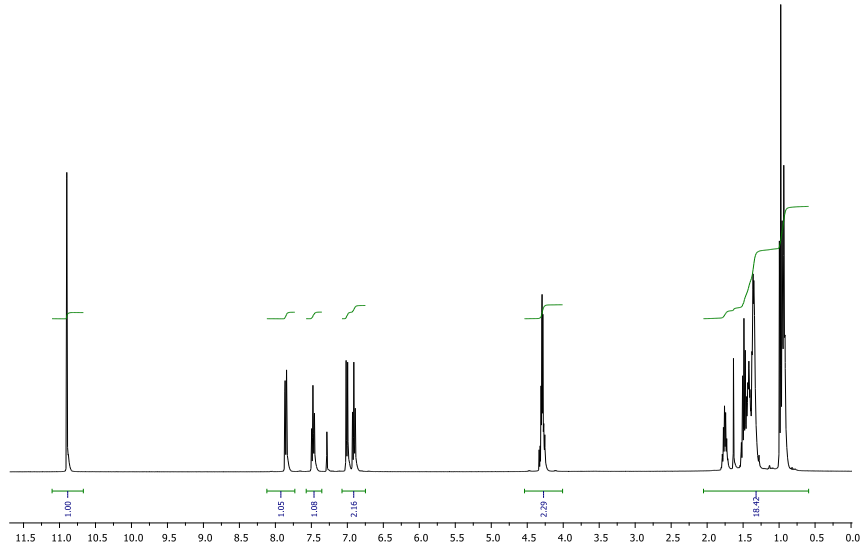
Giriş	Substrat	Ürün	Süre, h	Verim, %
1			10	55
2			10	60
3			8	50
4			8	65

2-etilhekzil 4-(dimetilamino) benzoat, 4-(dimetilamino) benzoik asit ve 2-etilhekzil alkol varlığında 10 saat süreyle % 55 verimle sentezlenmiştir. 2-etilhekzil salisilat sentezi, salisilik asit ve 2-etilhekzil alkol varlığında 10 saat süreyle % 60 verimle gerçekleşmiştir. 2-etilhekzil 4-metoksi sinnemat sentezin, 4-metoksi sinnemik asit ve 2-etilhekzil alkol varlığında 8 saat süreyle % 50 verimle gerçekleşmiştir. 2-etilhekzil benzoat sentezi, benzoik asit ve 2-etilhekzil alkol varlığında 8 saat süreyle % 65 verimle gerçekleşmiştir.

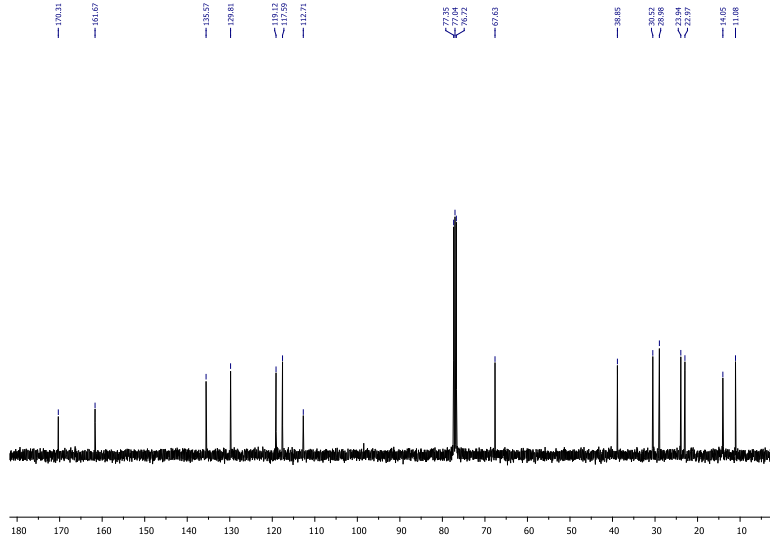
Sentezlenen esterlere ait  $^1\text{H}/^{13}\text{C}$ -NMR ve IR sonuçları Şekil 8-11 'de verilmiştir.



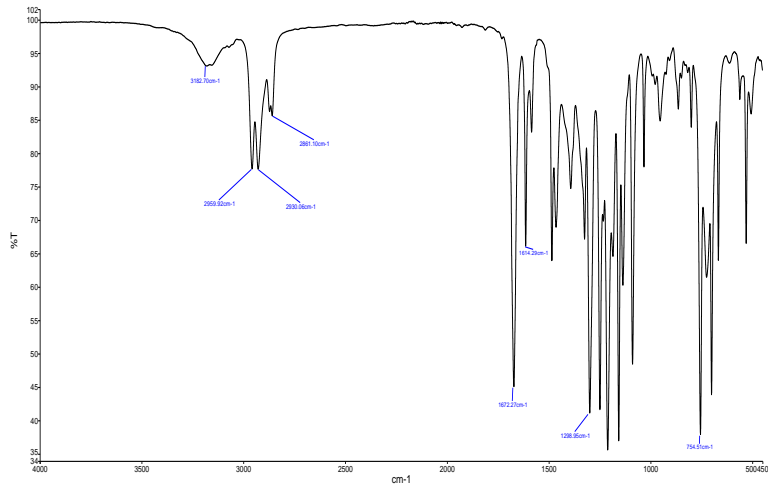
Şekil 5. 2-etilheksil 4-(dimetilamino)benzoat'ın a)  $^1\text{H}$ -NMR, b)  $^{13}\text{C}$ -NMR ve c) IR spektrumları



a)

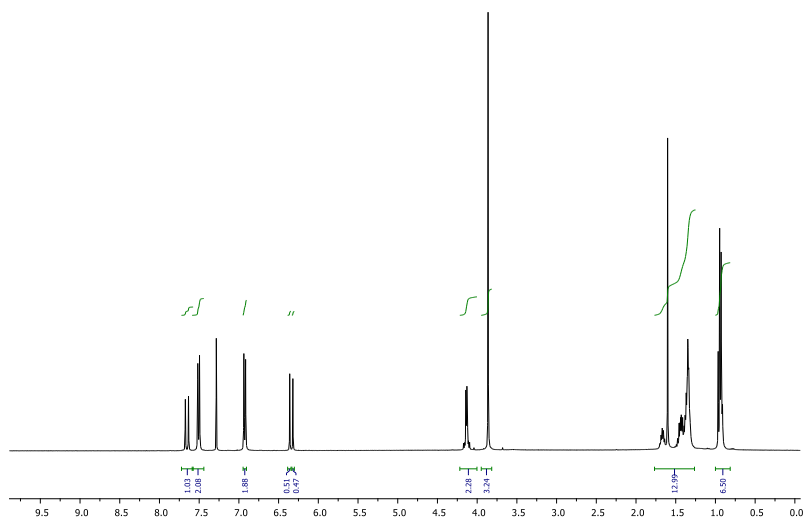


b)

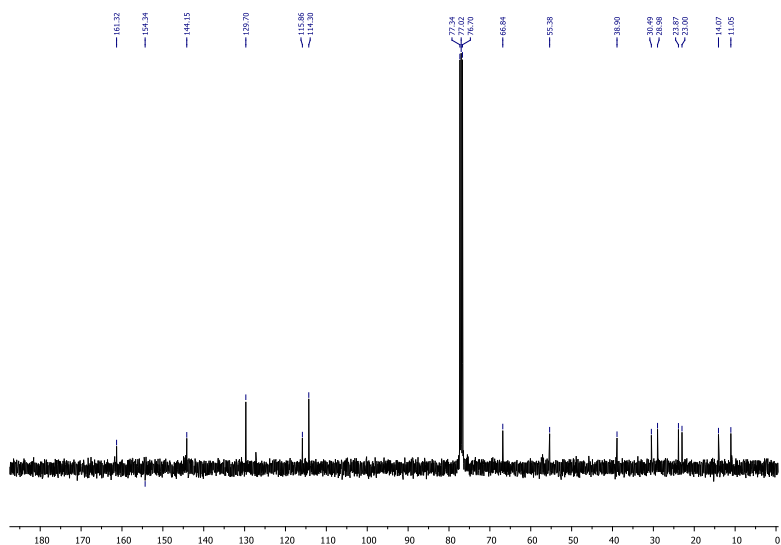


c)

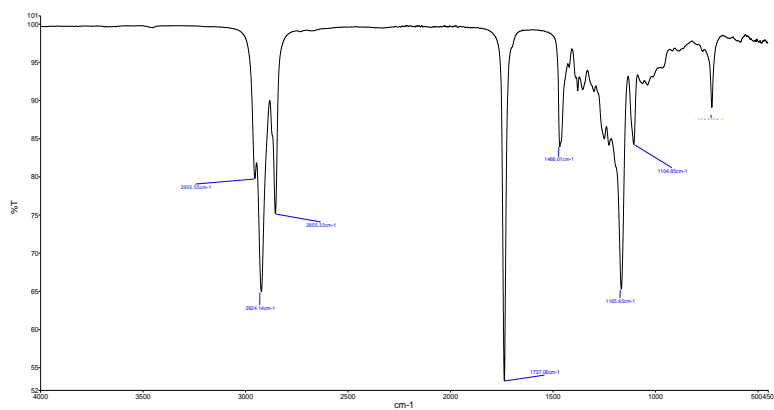
Şekil 6. 2-etilhekzil salisilat'ın a)  $^1\text{H}$ -NMR, b)  $^{13}\text{C}$ -NMR ve c) IR spektrumları



a)



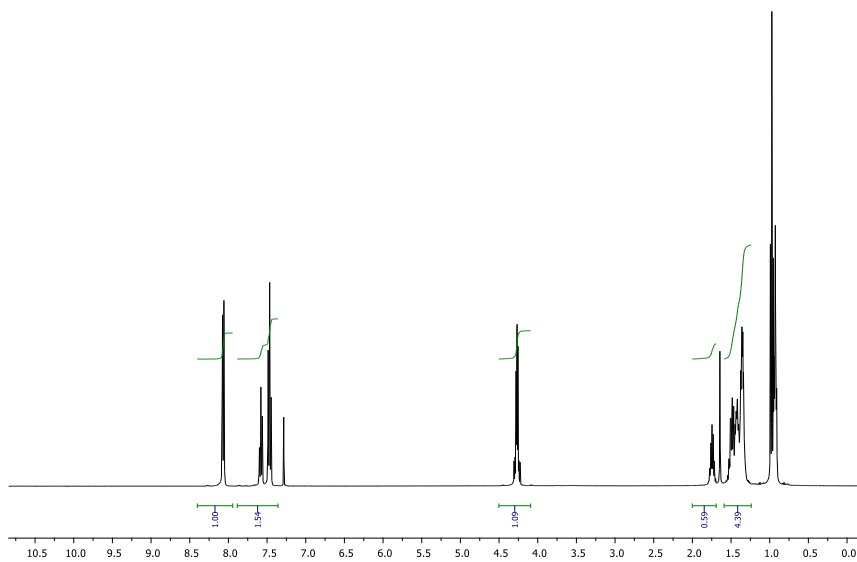
b)



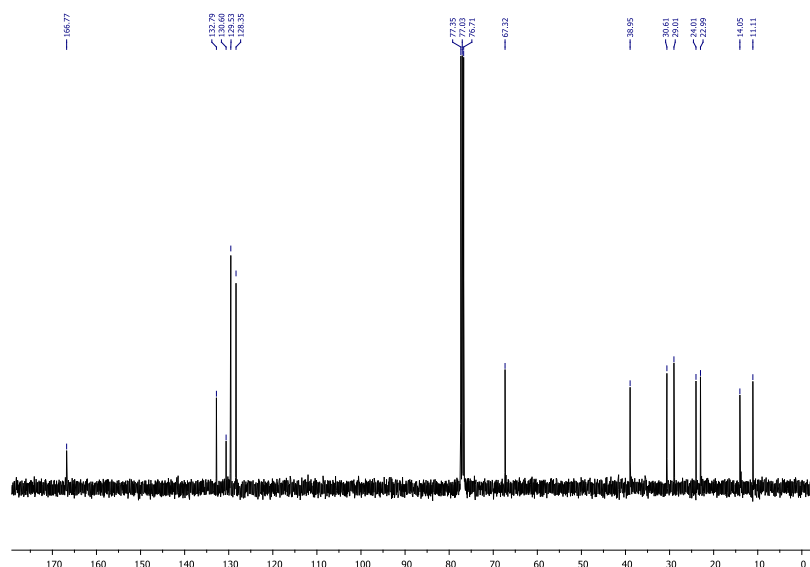
c)

Şekil 7. 2-etilhekzil 4-metoksi sinnemat'ın a)  $^1\text{H-NMR}$ , b)  $^{13}\text{C-NMR}$  ve c) IR spektrumları

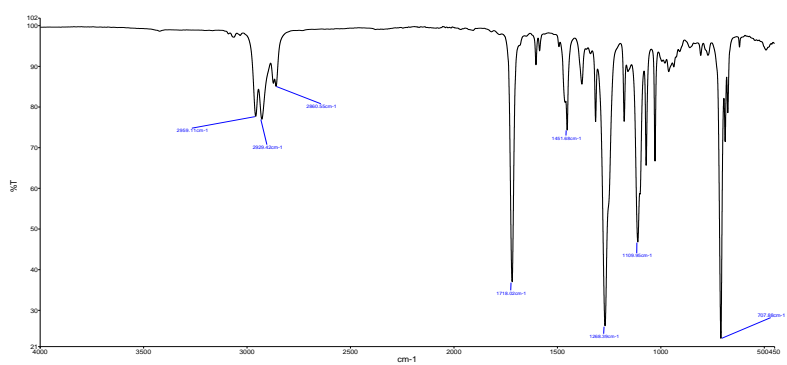




a)



b)



c)

Şekil 8. 2-etilhekzil benzoat'ın a) <sup>1</sup>H-NMR, b) <sup>13</sup>C-NMR ve c) IR spektrumları

Sentezlenen esterlere ilişkin sabunlaşma sayısı ve asit numarası gibi testler yapılmış ve sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Sabunlaşma sayısı ve asit Numarası test sonuçları

Sentezlenen Esterler	Sabunlaşma Sayısı mg KOH/g	Asit Numarası mg KOH/g
2-etilhekzil 4-(dimetilamino) benzoat	193,45	5,2
2-etilhekzil salisilat	227,81	8,3
2-etilhekzil 4-metoksi sinnemat	224,66	6,8
2-etilhekzil benzoat	44,45	3,2

Asit numarası, yağdaki serbest yağ asidi içeriğini tanımlamakta ve esterin bozulmaya karşı duyarlılığını göstermektedir. Ester sentezi reaksiyonlarında sentezi takiben asit numarası bakılır ve asit numarasının düşük olması beklenir. Sabunlaşma sayısı esterlerin sabun oluşturma eğilimini anlatır. Bu sebeple sentezlenen esterlere sabunlaşma sayısı ve asit numarası testleri yapılmıştır (Padmanaban ve ark. 2013).

Sentezlenen esterler ile yeni metal işlem sıvı formülasyonları geliştirildi ve Tablo 3 ‘de verildi. Bu formülasyonlarda %2, %4 ve %6 oranında ester kullanıldı.

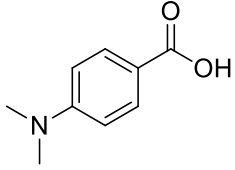
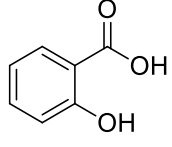
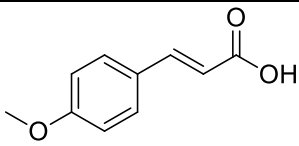
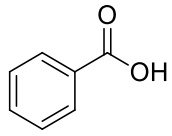
**Tablo 3.** Sentezlenen esterlerin kullanıldığı metal işlem sıvısı formülasyonu

Hammadde	% Kullanım Oranları + %2 Ester İlaveli	% Kullanım Oranları + %4 Ester İlaveli	% Kullanım Oranları + %6 Ester İlaveli
Amin Borat	23,0	23,0	23,0
Sodyum Petrolyüm Sülfonat	6,0	6,0	6,0
2-etilhekzil Esterleri	2,0	4,0	6,0
Su	22,97	20,97	18,97
pH Düzenleyici	7,0	7,0	7,0
Yağ Asidi	9,0	9,0	9,0
Mineral Yağ	23,0	23,0	23,0
Biyosit	2,0	2,0	2,0
Köpük Kesici	0,03	0,03	0,03
Emülgatör	5,0	5,0	5,0

Metal işlem sıvılarını formüle etmek için kullanılan kimyasal katkı maddeleri, emülsifikasyon yeteneği, metale korozyon direnci, sürtünme aşınmasını en aza indirmek için yağlama etkisi, depolama sırasında mikrobiyal kontrol, aşınma önleme ve aşırı koşullarda işlenebilirlik gibi ek işlevler sağlamaya yardımcı olur. Metal işlem sıvılarının formülasyonlarında kullanılan katkı maddelerinin bir kısmı yağ asitlerinden elde edilirken, diğerleri kimyasal olarak sentezlenmiş organik maddelerdir (Nune ve Chaganti 2019).

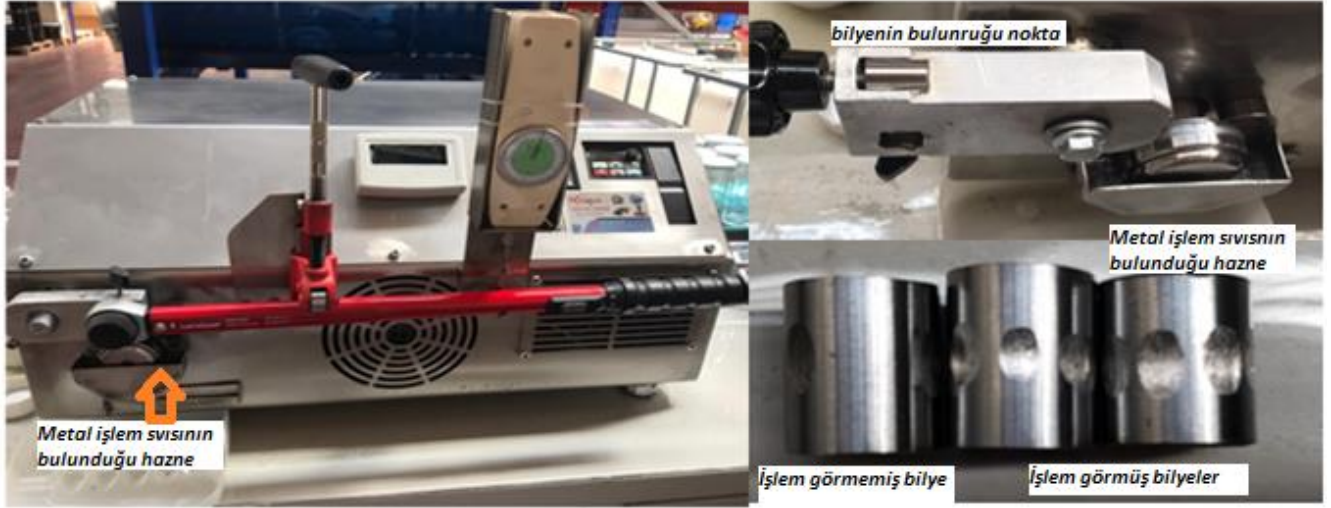
Sentezlenen esterler metal işlem sıvılarında %2, %4 ve %6 oranında kullanıldı ve ürünlerin 40 °C’de viskozite değerlerine bakıldı (Tablo 3).

**Tablo 3.** Viskozite test sonuçları

Ester	Kullanılan Miktar, %	Viskozite Değeri (cst)
-	0	120,98
	2	44,28
	4	63,53
	6	46,53
	2	106,86
	4	90,49
	6	75,09
	2	111,03
	4	110,38
	6	99,79
	2	106,53
	4	91,77
	6	69,31

Metal işlem sıvılarının iyi bir yağlama filmi oluşturması viskozitesine (yağın akma kabiliyetine) bağlıdır. Bir katkı maddesinin konsantrasyonundaki bir artış, metal işlem sıvısının daha yüksek viskozitesi (ve dolayısıyla daha iyi yapışma kabiliyeti) ile birlikte değişebilir (Brinksmeier ve Meyer 2015). Sıvının viskozitesi, metal parçaların yağlanması önemli bir rol oynar (Nune ve Chaganti 2019).

Metal işlem sıvıları, imalat sırasında ısıl olumsuzlukları ortadan kaldırmak için de önemli rol oynar. Metal işlem sıvısının viskozite değeri ise, sıvının yağlama özelliklerini ve ısı transfer kapasitesini etkiler (Santos ve ark. 2004). Isı transferi, yüksek hızlı prosesler için özel bir öneme sahiptir. Çünkü kesme sıvısının, takımı ve iş parçasını yağlamak için çok az zamanı vardır. Bu durumlarda, iş parçasını ve aleti korumanın ana mekanizması ısıyı konveksiyon yoluyla uzaklaştırmaktır (Santos ve ark. 2011). Düşük viskoziteye sahip metal işlem sıvıları ısı transferini daha iyi gerçekleştirmektedir. Bu da işlem sırasında oluşan ısının hızlı bertaraf edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle düşük viskoziteli ürünler tercih edilmektedir. Sentezlenen esterler ile geliştirilen metal işlem sıvılarında düşük viskoziteye sahip ürünler 2-etilhekzil 4-(dimetilamino) benzoat ve 2-etilhekzil benzoat içeren ürünler olarak ölçülmüştür.

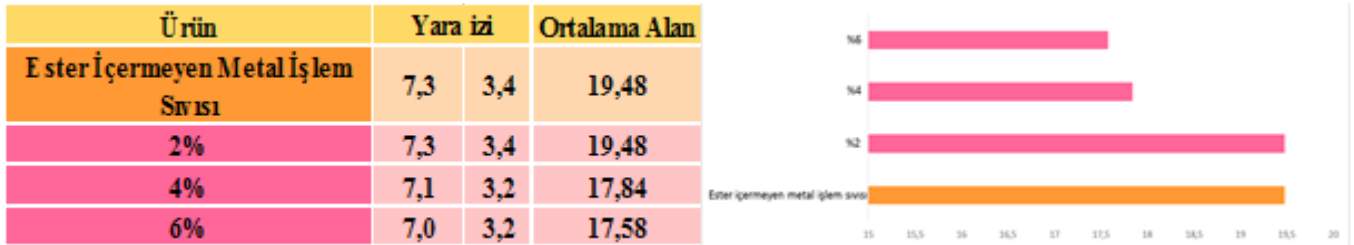


Şekil 9. Reichert Test Cihazı

Reichert sürtünme ve aşınma test cihazında dönen bir rulmanın temas ettiği metal işlem sıvısının taşınması ve çelik indüksiyonlu bir bilye ile dönen rulmanın yani metal- metal sürtünmesini ölçme esasına dayanır. Burada metal-metal sürtünmenin azalması için metal işlem sıvısı kullanılır. Metal işlem sıvısının iki metal arasında oluşturacağı yağlı bir film tabakasına bağlı olarak bilye aşınmaya başlar. Burada uygulanan kuvvet her numune için eşit olmalıdır. 200 Newton'luk bir kuvvetle yürütülen test için; ağırlığın uygulanmasının sebebi metal işlem sıvısının direncini ve performansını ölçmeye yöneliktir.

Bu çalışmada sentezlenen 4 farklı ester ile geliştirilen formülasyonlar kullanılmıştır. 2-etilhekzil 4-(dimetilamino) benzoat, metal işlem sıvısı içerisinde %2, %4 ve %6 oranında kullanıldı. En iyi yağlama performansı % 6 oranında kullanıldığı metal işlem sıvısında görülmüştür. Sentezlenen 2-etilhekzil salisilat, metal işlem sıvısı içerisinde %2, %4 ve %6 oranında kullanıldı. Yağlama performans testinde ise en iyi oran % 4 olarak kullanılan metal işlem sıvısı olmuştur. 2- etilhekzil 4-metoksi sinnemat, metal işlem sıvısı içerisinde %2, %4 ve %6 oranında kullanıldı ve en iyi performans % 2 oranında kullanılan metal işlem sıvısı için elde edilmiştir. 2-etilhekzil benzoat, metal işlem sıvısı içerisinde %2, %4 ve %6 oranında kullanıldı ve en iyi performans % 4 oranında kullanılan metal işlem sıvısında görülmüştür. Yapılan testler sonucunda ise en iyi performans 2-etilhekzil salisilatın %4 oranında kullanıldığı metal işlem sıvısı için gözlenmiştir.

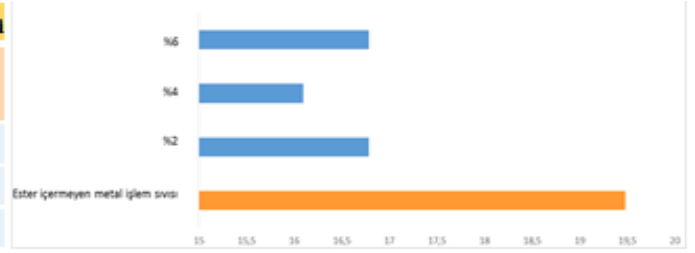
Sentezlenen 2-etilhekzil 4-(dimetilamino) benzoat, metal işlem sıvısı içerisinde %2, %4 ve %6 oranında kullanılmıştır. Yapılan reichert test sonuçları Şekil 12’de verilmiştir.



Şekil 12. 2-etilhekzil 4-(dimetilamino) benzoat'ın reichert test sonucu

Sentezlenen 2-etilhekzil salisilat, metal işlem sıvısı içerisinde %2, %4 ve %6 oranında kullanılmıştır. Yapılan reichert test sonuçları Şekil 13’de verilmiştir.

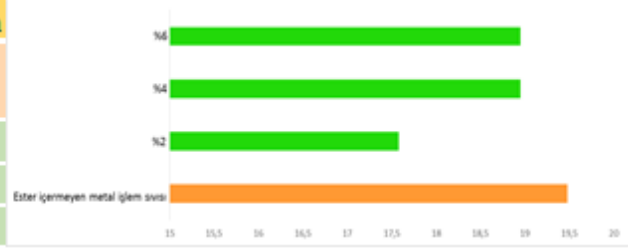
Ürün	Yara izi		Ortalama Alan
Ester İçermeyen Metal İşlem Sıvısı	7,3	3,4	19,48
2%	6,9	3,1	16,79
4%	6,8	3	16,1
6%	6,9	3,1	16,79



Şekil 13.2-etilhekzil salisilat'ın reichert test sonucu

Sentezlenen 2- etilhekzil 4-metoksi sinnemat, metal işlem sıvısı içerisinde %2 ,%4 ve %6 oranında kullanılmıştır. Yapılan reichert test sonuçları Şekil 14'de verilmiştir.

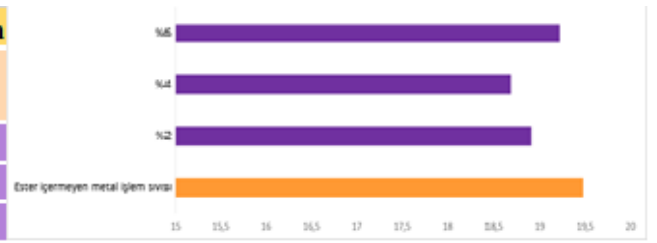
Ürün	Yara izi		Ortalama Alan
Ester İçermeyen Metal İşlem Sıvısı	7,3	3,4	19,48
2%	7,0	3,2	17,58
4%	7,1	3,4	18,95
6%	7,1	3,4	18,95



Şekil 14. 2- etilhekzil 4-metoksi sinnemat'ın reichert test sonucu

Sentezlenen 2- etilhekzil benzoate, metal işlem sıvısı içerisinde %2 ,%4 ve %6 oranında kullanılmıştır. Yapılan reichert test sonuçları Şekil 15'de verilmiştir.

Ürün	Yara izi		Ortalama Alan
Ester İçermeyen Metal İşlem Sıvısı	7,3	3,4	19,48
2%	7,3	3,3	18,91
4%	7,0	3,4	18,68
6%	7,2	3,4	19,22



Şekil 15. 2- etilhekzil benzoat'ın reichert test sonucu

Bu çalışmada sentezlenen esterler ile geliştirilen metal işlem sıvıları yağlama performans testine tabi tutulmuştur. Amaç, kullanılan metal bilyelerde film tabaka oluşturması ve ısıl olumsuzlukları ortamdaki uzaklaştırmasıdır. Reichert test kalite belirleyici test olarak değerlendirilir. Aşınmanın kontrolü için kullanılan metal indüksiyonlu çeliktir. Bu metal endüstride CNC tezgahlarında kullanılan materyaldir. Sonuç olarak sentezlenen 2-etilhekzil ester türevlerinin yağlayıcılık potansiyellerinin olduğu tespit edilmiştir.

## SONUÇ

Yapılan çalışmalar sonucunda 2-etilhekzil 4-(dimetilamino)benzoat, 2-etilhekzil salisilat, 2-etilhekzil benzoat, 2-etilhekzil 4-metoksi sinnemat gibi esterler literatürde daha önce çalışılmamış heterojen bir katalizör olan PdAlO(OH) NPs ile sentezlenmiştir. Ürünler <sup>1</sup>H/<sup>13</sup>C-NMR ve IR analizleri ile karakterize edilmiştir. 2-etilhekzil ester türevleri, metal işlem sıvılarında kullanılmak üzere sentezlenmiş organik ürünlerdir. Bu amaçla elde edilen esterlerin her biri için sabunlaşma sayısı ve asit numarası testleri yapılmıştır. Ayrıca ester türevlerinin her biri %2, %4 ve %6 oranlarında kullanılarak yeni formülasyonlar (metal işlem sıvıları) elde edilmiş ve her bir formülasyon için viskozite ve yağlayıcılık testleri (Reichert Test) yapılmıştır. En düşük viskozite değerleri, 2-etilhekzil 4-(dimetilamino)benzoat ile elde edilen metal işlem sıvılarında tespit edilmiştir. Metal-metal sürtünmesinden doğacak ısıl olumsuzlukları ortamdaki uzaklaştırma konusunda 2-etilhekzil 4-(dimetilamino)benzoat ile elde edilen metal işlem sıvısının başarılı olacağı öngörülmüştür. Yapılan reichert testleri sonucunda ise en iyi performans 2-etilhekzil salisilatın %4 oranında kullanıldığı metal işlem sıvısı için gözlenmiştir. Sonuçta sentezlenen 2-etilhekzil ester türevlerinin endüstriyel olarak metal işlem sıvılarında kullanılmasının mümkün olduğu görülmektedir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Düzce Üniversitesi BAP: 2020.26.04.1085 numaralı proje ile desteklenmiştir.

## KAYNAK

- Cermak SC, Isbell TA 2002. Physical properties of saturated estolides and their 2-ethylhexyl esters. *Industrial Crops and Products*, 16: 119-127.
- Doll KM, Sharma BK 2011. Emulsification of Chemically Modified Vegetable Oils for Lubricant Use, *J Surfact Detergc*. 14:131-138.
- Erdik E, Obalı M, Yüksekşık N, Öktemer A, Pekel T 2007. *Denel Organik Kimya*". Gazi Kitabevi, Ankara, 4. Baskı (Genişletilmiş Baskı), 2: 680-714.
- Goksu H, Zengin N, Karaosman A, & Sen F 2018. Highly Active And Reusable Pd/Alo (Oh) Nanoparticles For The Suzuki Cross-Coupling Reaction. *Current Organocatalysis*, 5(1): 34-41.
- Göksu H 2015. Recyclable aluminium oxy-hydroxide supported Pd nanoparticles for selective hydrogenation of nitro compounds via sodium borohydride hydrolysis. *New Journal of Chemistry*, 39(11): 8498-8504.
- Habib NSHA, Yunus R, Taufiq-Yap YH, Abidin UZZZ, A, Syam M and Irawan S 2014. Transesterification Reaction for Synthesis of Palm based Ethylhexyl Ester and Formulation as Base Oil for Synthetic Drilling Fluid. *Journal of Oleo Science*, 63:497-506.
- Kara BY, Yazici M, Kilbas B, & Goksu H 2016. A practical and highly efficient reductive dehalogenation of aryl halides using heterogeneous Pd/AIO (OH) nanoparticles and sodium borohydride. *Tetrahedron*, 72(39):5898-5902.
- Lacaze-Dufaure C, Mouloungui Z 2000. Catalysed or uncatalysed esterification reaction of oleic acid with 2-ethyl hexanol. *Applied Catalysis A: General*, 204:223-227.
- Moser B, Sharma R, Doll KM., & Erhan, SZ 2007. Diesters from oleic acid: synthesis, low temperature properties, and oxidation stability. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 84: 675-680.
- Paiva EJM, Corazza ML, Sierakowski, MR, Wärnä, J, Murzin, DY, Wypych, F, Salmi T 2015. Influence of two different alcohols in the esterification of fatty acids over layered zinc stearate/ palmitate. *Bioresource Technology*, 193: 337-344.
- Pipus G, Plazl, I. and Koloini T 2002. Esterification of Benzoic Acid with 2-Ethylhexanol in a Microwave Stirred-Tank Reactor. *Applied Chemistry Ind. Eng. Chem. Res.*, 41:1129-1134.
- Tüzün C 1996. "Organik Kimya". Palme Yayıncılık, Ankara, Yenilenmiş Yedinci Baskı, 210-218
- Waskitoaji W, Triwulandari, E & Haryono, A 2012. Synthesis of plasticizers derived from palm oil and their application in polyvinyl chloride. *Procedia Chemistry*, 4: 313-321.
- Padmanaban V Anbuudayasankar Ashokkumar A and Sharan A 2013. Development of Bio based Semi-Synthetic Metal Working Fluid from Industrial Waste Water. *Procedia Engineering*, 64: 1436-1444.
- Brinksmeier E, Meyer D, Huesmann-Cordes AG & Herrmann C 2015. Metalworking fluids—mechanisms and performance. *CIRP Annals*, 64(2): 605-628.
- Nune MM R & Chaganti PK 2019. Development, characterization, and evaluation of novel eco-friendly metal working fluid. *Measurement*, 137:401-416.
- Gryglewicz S 1999. Rapeseed oil methyl esters preparation using heterogeneous catalysts. *Bioresource technology*, 70(3): 249-253.
- Singh D, Bhoi R, Ganesh A & Mahajani S 2014. Synthesis of biodiesel from vegetable oil using supported metal oxide catalysts. *Energy & fuels*, 28(4): 2743-2753.
- Gryglewicz S 2000. Alkaline-earth metal compounds as alcoholysis catalysts for ester oils synthesis. *Applied Catalysis A: General*, 192(1):23-28.
- Vedage GA, Himelfarb PB, Simmons GW & Klier K 1985. Alkali-promoted copper-zinc oxide catalysts for low alcohol synthesis.
- Santos J, Santos I, Conceição M, Porto S, Trindade MFSA, Souza A & Araújo A 2004. Thermoanalytical, kinetic and rheological parameters of commercial edible vegetable oils. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 75(2): 419-42.
- Santos NA, Rosenhaim R, Dantas MB, Bicudo T C, Cavalcanti EHS, Barro AK & Souza AG 2011. Rheology and MT-DSC studies of the flow properties of ethyl and methyl babassu biodiesel and blends. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 106(2):501-506.

## Obez ve normal ağırlıktaki bireylerin besin etiketi okuma alışkanlıkları

Elif Esra Öztürk<sup>1\*</sup> (ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1097-6325>), Leyla Özgen<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5737-8691>)

<sup>1</sup>Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [elif.ozturk@hacettepe.edu.tr](mailto:elif.ozturk@hacettepe.edu.tr)

### Özet

Obezite görülme sıklığı tüm dünyada hızla artmaktadır. Bu durumda bireylerin bilinçlenmesi ve sağlıklı beslenmesi için besin etiket bilgilerini okuyarak maksimum sağlık, minimum hastalığa erişmiş olacaktır. Bu bağlamda, çalışmanın amacı, Adıyaman ili Merkez Toplum Sağlığı Merkezine müracaat eden obez ve normal ağırlıkta olan bireylerin besin etiketi okuma alışkanlıklarını belirlemektir. Araştırmaya 19-64 yaş arası, besin alışverişini kendisi yapan, beden kütle indeksi 18,50-30,00 kg/m<sup>2</sup> arasında yer alan toplam 600 gönüllü birey katılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak anket kullanılmıştır. Araştırmaya katılan normal ağırlıktaki bireylerin % 77.0'si ve hafif şişmanların % 13.9'u ve şişman bireylerin ise % 14.2'si besin etiketini okuduklarını ifade etmektedir. Beden kütle indeksine göre bireylerin tükettikleri ürünlerin miktarına göre alınan besin öğelerinin hesaplamasına ilişkin görüşleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark tespit edilmiştir ( $\chi^2=148.853$ ,  $p<0.05$ ). Bireylerin besin etiketleri ile ilgili en fazla şikayet ettikleri sorunlar sırasıyla; % 87.8'inin besin etiketi bilgilerinin anlaşılır olmadığı, % 71.2'sinin etiket üzerinde çok bilgi olduğu ve % 61.0'inin etiketteki bilgilerin silik olduğu ifade edilmiştir. Bu çalışmada bireylerin büyük çoğunluğunun besin etiketlerinin sağlıklı beslenmedeki rolünün farkına varamadığı saptanmıştır. Besin etiketi okuma eğitimi ile sosyal medya veya kamu desteğiyle bilinçlenmeleri sağlanarak, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkenin en önemli sağlık sorunu olan obezite ve diğer kronik hastalıkların oluşumunu önlemede en etkin araçlardan biri olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, günümüz hastalığı olan COVID-19 salgınında besin etiketi okuma alışkanlığı kazanmış bireylerin marketlerde sınırlı süre içerisinde daha bilinçli besin tercihi davranışları gösterdikleri söylenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Besin ögesi, besin etiketi, obezite, etiket okuma

### Food label reading habits in obese and normal weight individuals

#### Abstract

The incidence of obesity is rapidly increasing all over the world. In this case, maximum health and minimum disease will be achieved by reading the food label information in order to raise awareness and healthy nutrition of individuals. The aim of this study is to determine the habits of obese and normal weight individuals who apply to Adıyaman Public Health Center. The sample comprised 600 individuals, ranged from 19 to 64 years, do their own food shopping and whose body mass index was between 18.50-35.00 kg/m<sup>2</sup>. Questionnaire was used as data collection tool in the survey. 77.0% of normal weight individuals and 13.9% of overweight and 14.2% of obese individuals read the nutritional labels ( $p<0.001$ ). A statistically significant difference was found between the body mass index classification and the calculation of the nutrients taken according to the amount of products consumed by individuals ( $\chi^2=148.853$ ,  $p<0.05$ ). The problems that individuals mostly complain about food labels are; the food label information is not clear (87.8%), there is too much information on the label (71.2%), and the information on the label is obscure (61.0%). In this study it was determined that the vast majority of participants did not realize the role of food labels in healthy eating. It is thought to be one of the most effective tools in preventing the development of obesity and other chronic diseases, which are the most important health problems of the developing country, by raising awareness with social media or public support through nutrition label reading training. In addition, in the current disease COVID-19 epidemic, It can be said that individuals who have gained the habit of reading labels will display more conscious food preference behaviours in a limited time in the markets and will eat healthier.

**Keywords:** Nutrient, food label, obesity, label reading

## GİRİŞ

Günümüzün en önemli sağlık problemlerinden biri obezitedir. Obezitenin görülme sıklığı, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, her yaşta ve tüm sosyoekonomik düzeylerde giderek artmaktadır (Loureiro ve ark., 2012). Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre 1975 yılından beri dünya çapında obezitede neredeyse 3 katı kadar artış olmuştur ve 2016 yılında obezlerin sayısı 650 milyona ve hafif şişman bireylerin sayısı ise 1,9 milyara ulaşmıştır (WHO, 2020). Obezitenin hızlı artışından kaynaklanan endişeler ve beslenmenin sağlık üzerine olan etkisinden dolayı tüm dünyada sağlıklı, yeterli ve dengeli beslenme konusunda politikalar üretilmektedir (Loureiro ve ark., 2012). Sağlıklı seçimler yapması için bireylere yol göstermesi amacıyla destekleyici çevre oluşturulması gereklidir (Cowburn ve Stockley, 2005). Besin etiketleri bireyler için beslenme bilgisinin en yaygın ve kolay ulaşılabilir kaynağıdır ve besin alımını değiştirmek için potansiyel etkiye sahiptir (Bredbenner ve ark., 2000; Mandle ve ark., 2015). Besin etiketinin amacı bireylere satın alma noktasında beslenme bilgisi sağlamaktır. Besin içeriği hakkındaki bilgi bireylerin satın alma noktasında besini değerlendirmesini sağlayarak satın alma davranışını etkileyebilmektir (Cannoosamy ve ark., 2014). Besinler üzerindeki beslenme bilgisi bireylerin daha sağlıklı besin seçimi yapmaları için rehberlik etmektedir (Bonsmann ve Wills, 2012). Besin etiketlerinin görünür, anlaşılması kolay besin etiketi uygulamalarını bireylerin daha sağlıklı besin seçimlerine katkı sağlamaktadır (Hawkes ve ark., 2015).

Sağlıklı beslenmek ve uygun vücut ağırlığını sürdürmede güvenilir ve hijyenik besine ulaşmak önemlidir. Güvenilir besine ulaşmak ise besinleri satın alma aşamasından başlar. Besinleri satın alırken; sağlıklı beslenmenin ilk adımı olarak besin etiketleri okunmalı ve doğru yorumlanmalıdır. Doğru etiket okumak sağlıklı beslenmeyi kolaylaştıran bir faktördür. Bu nedenle bu çalışmanın amacı obez ve normal ağırlıktaki bireylerin besin etiketi okuma alışkanlıklarının saptanması olarak planlanmıştır.

## MATERYAL VE METOD

### Araştırmanın Modeli

Araştırma tarama modelinde yapılandırılmıştır. Tarama modeli geçmişte ya da halen varolan bir durumu var olduğu şekliyle betimlemeyi amaçlayan araştırma yaklaşımıdır (Creswell, 2016).

### Evren ve Örneklem

Araştırma evrenini, Adıyaman ili Merkez Toplum Sağlığı Merkezine müracaat eden obez ve normal ağırlıkta olan bireyler oluşturmaktadır. Bu çalışmada örnek hacmi, ana kitle oranlarına dayalı kümelenendirilmemiş tek aşamalı tesadüfi olasılıklı örnekleme yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışmada normal ve obez grupları arasındaki en küçük farkı gösteren “bireylerin besin etiketi okuma” özet istatistikleri (% 63 fark) dikkate alınarak; testin gücü 0.80 ve tip 1. hata 0.05 alındığında çalışmaya dahil edilmesi gereken “minimum” birey sayısı 586 olarak hesaplanmıştır. Toplum sağlığı merkezine başvuran 87 normal ağırlıkta ve obezite polikliniğine başvuran 513 obez olmak üzere toplamda 600 bireye anket uygulanmıştır

### Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak anket formu, dijital boy ölçer ve tartı kullanılmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen anket soruları alandan iki uzmanın ve bir nicel araştırma uzmanının görüşleri doğrultusunda, soruların içeriği, soru kökleri ve anlaşılabilirliği açısından değerlendirilerek veri toplama aracında yer alan sorulara son şekli verilmiştir. Araştırmacının bu merkezde çalışıyor olması nedeniyle anket uygulama izni Adıyaman Halk Sağlığı Müdürlüğü'nden alınmıştır. Veri toplama aracı kendi içinde iki bölümden oluşmaktadır. Anketin birinci bölümü besin etiketi okuma alışkanlıklarına, ikinci bölüm ise sosyodemografik özellikleri belirlemeye yönelik soruları içermektedir. Birinci bölümde; bireylerin besin etiketi okuma alışkanlıklarına yönelik, sınıflamalı veya sıralamalı sorular, ikinci bölümde ise bireylerin sosyodemografik özelliklerini belirlemeye yönelik hazırlanan 11 soru bulunmaktadır.

**Vücut Ağırlığı ve Boy Uzunluğu:** Bireylerin vücut ağırlıkları  $\pm 100$  g hassasiyetli dijital tartı ile ölçülmüştür. Boy uzunlukları, bireylerin ayaklarının birleşik olmasına ve başın frankfort düzlemde (göz ve kulak kepçesi üstü aynı hizada) olmasına dikkat edilerek dijital boy ölçer ile ölçülmüştür. **Beden Kütle İndeksi (BKİ):** Yetişkin bir bireyin ağırlığının boyuna göre sağlıklı aralıkta olup olmadığını belirlemeye yarayan bir değerlendirme yöntemidir. BKİ'yi  $(BKİ = \text{ağırlık (kg)}/\text{boy(m}^2))$  olarak hesaplanmaktadır.

WHO'ya göre BKİ sınıflaması: 1-Normal ağırlıkta olanlar ( 18,5-24,99 kg/m<sup>2</sup> ) 2- Hafif şişman (25,00-29,99 kg/m<sup>2</sup> ) 3- I. Derece şişman (30,00-34,99 kg/m<sup>2</sup> ) 4-II. Derece şişman (35.0-39.99 kg/m<sup>2</sup> ) 5-III. Derece şişman ( $\geq 40$  kg/m<sup>2</sup> ) olarak tanımlanmıştır (WHO, 2000).



**Verilerin Analizi** Araştırma verileri SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Windows programı kullanılarak analiz edilmiştir. Nitel ve nicel değişkenler için uygun betimsel değerler verilmiştir. Nitel değişkenler, sayı (n) ve yüzde (%) olarak, nicel değişkenler ise ortalama(X) ve standart sapma ( $\pm$ SS), alt ve üst değerleri ifade edilmiştir. Bireylerden anket sonrası alınan 28 bilgilere göre demografik özellikleri, antropometrik ölçümleri tanımlayıcı istatistiklerden olan frekans, yüzde, ortalama(X) ve standart sapma ( $\pm$ SS), alt-üst değerleri hesaplanarak yorumlanmıştır. Nicel değişkenlerin normal dağılım sergileyip sergilemedikleri Kolmogorov Smirnov testi ile belirlenmiş ve nicel değişkenlerin normal dağılım sergilediği tespit edilmiştir. Değişkenlerin normal dağılım sergilemesi nedeniyle yapılan analizlerde parametrik yöntemler kullanılmıştır. Nicel değişkenler için grup ortalamalarını karşılaştırmada Bağımsız (student's) t-testi veya Tek Yönlü Varyans Analizi (ANOVA) yapılmıştır. Varyans analizinin ardından farklı grupları belirlemede Duncan testi kullanılmıştır. Nitel değişkenler için normallik testi yapılamamıştır. Gruplar ile kategorik değişkenler arasındaki ilişkiyi belirlemede ise Ki-kare testi yapılmıştır. Hesaplamalarda istatistik anlamlılık düzeyi %1 ve %5 olarak alınmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma grubunun yaş ortalaması  $38.43 \pm 11.224$  yıl olup %68.3'ü kadınlardan %31.7 si erkeklerden oluşmaktadır. Bireylerin %14.5'i normal ağırlıkta. %46.6'sı hafif şişman ve %38.9'u şişmandır. Bireylerin diğer sosyodemografik özellikleri tablo 1'de özetlenmiştir.

**Tablo 1.** Bireylerin genel özellikleri

Demografik özellikler	n	%
<b>Cinsiyet</b>		
Kadın	410	68.3
Erkek	190	31.7
<b>Medeni durum</b>		
Bekar	75	12.5
Evli	525	87.5
<b>Yaş (Yıl)</b>		
19-24	53	8.9
25-34	177	29.5
35-44	184	30.7
45-54	125	20.8
55-64	61	10.1
Yaş ortalaması (X $\pm$ SS)	38.43 $\pm$ 11.224	
<b>Öğrenim durumu</b>		
Okuryazar	24	4.0
İlkokul	32	5.3
Ortaokul	92	15.3
Lise veya dengi	263	43.9
Üniversite veya yüksekokul	189	31.5
<b>Beslenme Eğitimi</b>		
Alan	108	18.0
Almayan	492	82.0

Tablo 1' de bireylerin cinsiyetlerine göre antropometrik ölçümleri değerlendirildiğinde; ağırlıkları 54.90 ile 112.80 kg arasında değişmekte olup kadınların ağırlık ortalaması  $77.13 \pm 9.64$  kg ve erkeklerin ağırlık ortalaması  $84.23 \pm 8.86$  kg'dır. Bireylerin boy uzunlukları ise 146.0 ile 183.0 cm arasında olup kadınların boy ortalaması  $162.07 \pm 4.83$  ve erkeklerin boy ortalaması  $172.17 \pm 4.59$  cm'dir. Kadınların %42.9'u şişman, %42.0'ı hafif şişman ve %15.1'i normal ağırlıktadır. Kadınların BKİ ortalaması  $29.45 \pm 0.20$  kg/m<sup>2</sup>'dir. Erkeklerin %56.8'i hafif şişman ve %30'u şişman ve %13.2'si ise normal ağırlıktadır. Erkeklerin BKİ ortalaması  $28.45 \pm 0.23$  kg/m<sup>2</sup>'dir. Çalışma normal ağırlıkta ve obez bireyler arasında yürütüldüğü için çalışmaya zayıf birey alınmamıştır.

**Tablo 2.** Bireylerin Etiket Bilgilerini Okuma Durumları ve Nedenleri

Etiket Bilgileri	BKİ Sınıflaması								p
	Normal		Hafif şişman		Şişman		Toplam		
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Ambalaj üzerindeki etiket bilgilerini okuma (n:600)									
Evet	67	77.0	39	13.9	33	14.2	139	23.2	<0.001
Hayır	20	23.0	241	86.1	200	85.8	461	76.8	
Besinlerin ambalaj üzerindeki etiket bilgilerini okunma nedenleri (n:139)									
Ürünler hakkında bilgi verdiği için	15	22.4	9	23.1	15	45.5	39	28.1	0.010
Ürün yeni olduğu için	8	12.3	16	41.1	14	42.4	38	27.3	
Alışkanlık olduğu için	44	65.1	14	35.8	4	12.1	62	44.6	
Besinlerin ambalaj üzerindeki etiket bilgilerinin okunmama nedenleri (n:461)									
Ürün ile ilgili fikrimi değiştirmedikleri için	3	15.0	28	11.6	20	10.0	51	11.1	0.058
Etiket bilgilerini anlamadığım için	7	35.0	94	39.0	79	39.5	180	39.0	
Etiket üzerindeki bilgilerin doğru olduğunu düşünmediğim için	5	25.0	54	22.4	40	20.0	99	21.5	
Herhangi bir sağlık problemim olmadığı için	2	10,0	51	21,2	51	25,5	104	22,5	
Bildiğim ürünleri satın aldığım için	3	15.0	14	5.8	10	5.0	27	5.9	

Tablo 2’de bireylerin besin etiketi okuma alışkanlıkları ve nedenlerinde bireylerin %76.8’i besinlerin etiket bilgilerini okumadıklarını ifade etmektedir. Ambalaj üzerindeki etiket bilgilerini okuyan bireylerin %44.6’sı alışkanlık olduğu için %28.1’i ürün hakkında bilgi verdiği için ve % 27.3’ü ise ürün yeni olduğunda besinlerin etiketini okumaktadır. Bireylerin ambalajlı besinlerin etiket bilgilerini okuma durumları ile BKİ sınıflamaları arasında fark bulunmaktadır ( $\chi^2=165.774$ ,  $p<0.05$ ). Normal ağırlıktaki bireylerin %77.0’ı etiket bilgilerini okurken. hafif şişmanların %86.1’i ve şişmanların %85.8’i etiket bilgilerini okumamaktadır. Etiket bilgilerini okuyan normal ağırlıktaki bireylerin %65.1’i. şişman bireylerin ise sadece %12.1’i alışkanlık olduğu için okumaktadır. Besinlerin etiket bilgilerini okumayan bireylerin %39.0’ı etiket üzerindeki bilgileri anlamadığı için okumadığını ifade etmiştir. Yapılan bir araştırmada, Avrupa ülkelerindeki bireylerin besin etiketi okuma durumları karşılaştırıldığında. Birleşik Krallıkta yaşayanların %52.0, İrlanda %65.0’inin, İsveç’te %65.0’inin, Fransa’da %62.0’inin, Portekizde %44.0’inin, İtalya’da %31.0’inin ve Danimarka’da %30.0’inin besin etiketi okudukları tespit edilmiştir (Grunert & Wills, 2007). Aygen, (2012)’e göre besin etiketlerinin, ürünün piyasaya yeni çıktığında, ilk kez satın alındığında ya da sık alınmayan bir ürün olduğunda, kendilerinde ya da ailedeki bireylerin besin bağlantılı bir sorunu olduğunda ve/veya vücut ağırlığını korumak önem taşıdığına besin etiketlerinin okunduğu bulunmuştur. Bu araştırmada da ambalajlı ürün üzerindeki etiket bilgilerini okuma durumu düşüktür ancak okuyan bireylerin yarısından fazlasının alışkanlık dolayısıyla okuduğu belirlenmiştir.

Araştırmanın diğer bulgusu olan besin etiketi okuyan bireylerde besin üzerindeki okudukları besin değeri (enerji, protein, yağ, doymuş yağ, kolesterol, karbonhidrat, diyet lifi, şeker, sodyum, kalsiyum, demir, fosfor, iyot, magnezyum) bilgisi sorgulandığında fosfor ( $\chi^2=4.512$   $p>0.05$ ), iyot ( $\chi^2=0.885$ ,  $p>0.05$ ) ve magnezyum ( $\chi^2=0.636$ ,  $p>0.05$ ) mineralleri dışında olan 11 değişken için  $p<0.05$  düzeyinde BKİ sınıflamasına göre anlamlı fark bulunmuştur. Enerji, protein, yağ, doymuş yağ, karbonhidrat ve şeker normal ağırlıktaki bireylerin büyük çoğunluğu her zaman okuduğunu ifade etmiştir (sırasıyla %71.3, %69.0, %69.0, %62.1, %72.4 ve %73.6). Normal ağırlıktaki bireylerin %73.6'sının şeker miktarını her zaman okurken, şişman bireylerin şişman bireylerin büyük çoğunluğunun enerji, yağ, doymuş yağ ve protein miktarını hiçbir zaman okumadıkları saptanmıştır (sırasıyla %84.1, %89.3, %95.3, %95.3).

Bir başka bulgu ise tükettikleri besin miktarına göre alınan besin öğelerinin enerji değeri hesaplamasına normal ağırlıktaki bireyler, hafif şişman ve obez bireylere göre daha çok dikkat ettikleri belirlenmiştir ( $\chi^2=305.515$ ,  $p<0.05$ ). Normal ağırlıktaki bireylerin %36.8'i her zaman yaparken hafif şişmanların %59.3'ü ve şişmanların %55.3'ü tükettikleri ürünlerin miktarına göre besin öğelerinin hesaplanmasını yapmadığı saptanmıştır.

Yapılan bir çalışmada besin değeri bilgileri içinde en fazla okunanlar; enerji (kalori), protein içeriği, içerdiği vitaminler, lif (posa) miktarı, az yağlı, light, iyi posa kaynağı gibi ibareler ve karbonhidrat oranları olarak bulunmuştur (Aygen, 2012).

Çalışmamızda bireylerin besin değeri bilgilerinin ayrıntılı olarak etikette verilmesini istemedikleri görülmüştür. Bunun nedeni etiketin sağlıklı beslenmedeki rolünün önemini tam olarak anlayamamaları ile ilişkili olduğu düşünülmektedir.

Ayrıca ambalaj üzerinde yer alan besin etiketlerini okumayan bireylerin besin etiketleriyle ilgili karşılaştıkları sorunlar BKİ'ye göre incelendiğinde; karşılaşılan ilk üç sorun sırasıyla; bilgilerin anlaşılır olmaması (%83.5) çok bilgi olması (%76.1) ve bilgilerin bazen silik olması (%64.0) yer almaktadır ( $\chi^2=7.30$ ,  $p<0.05$ ;  $\chi^2=29.043$ ,  $p<0.05$ ;  $\chi^2=2.418$ ,  $p>0.05$ ). Normal ağırlıktaki bireylerin en fazla karşılaştıkları sorunlar bilgilerin anlaşılır olmaması ve bazen silik olmasıdır (sırasıyla %80.0, %80.0). Hafif şişman ve şişman bireylerin en fazla karşılaştıkları sorun da ile bilgilerin anlaşılır olmaması olarak bulunmuştur (sırasıyla %88.0, %78.5). Özgen (2004) tarafından yapılan çalışmada bireylerin besin etiketleri ile ilgili şikayet ettikleri ilk üç sorun sırasıyla üretim ve son kullanma tarihinin kolay bulunmaması, etiket bilgilerinin silik olması ve fiyatının olmamasıdır. Yapılan başka bir çalışmada Aygen, (2012) bireylerin %65'ten fazlası etiket üzerinde uyarıcı bilgilerin olmamasından, besin değeri bilgilerinin bir porsiyon üzerinden verilmemesinden, ürün saklama bilgilerinin yetersiz olmasından, üretim ve son kullanma tarihinin kolay bulunur olmamasından, çok fazla bilgi olmasından, bilgilerin anlaşılır olmamasından, gramaj/miktar bilgisinin değerlendirilme zorluğundan, besin öğelerinin günlük gereksinimi karşılama oranlarının bulunmamasından ve bilgilerin okunamayacak kadar küçük olmasından memnuniyetsizlik duyulduğu bulunmuştur.

## SONUÇ

Bu çalışma obez ve normal ağırlıktaki bireylerin besin etiketi okuma alışkanlıklarının değerlendirmesi amacıyla yürütülmüştür. Besin etiketleri günümüzün en önemli sağlık sorunlarından biri olan obeziteyi önlemede kullanılacak en etkin araçlardan biridir. Besin etiket bilgisinin tüketiciye kolay anlaşılır, güvenilir ve kolay karşılaştırma yapabilecek şekilde sunulması önemlidir. Bireylere beslenme eğitimleri verilerek besin etiketlerinin verimli kullanımının sağlanması ve sağlıklı beslenmedeki rolü etkin şekilde anlatılmalıdır. Tüm bunların yanı sıra dünyayı etkileyen COVID-19 salgını sırasında; alınan önlemler kapsamında bazı taze yiyecekler daha az bulunur hale gelmiştir. Bu süreç işlenmiş gıda tüketiminde artışa neden olmuştur. Dünya sağlık örgütü tarafından yayımlanan karantina döneminde beslenmenin ipuçlarında besin etiketlerinin okunması önerilmiştir.

## KAYNAKLAR

- Aygen, F. G. (2012). Turkish consumers' understanding and use of nutrition labels on packaged food products. *Bonsmann, S., & Wills, J. M. (2012). Nutrition labeling to prevent obesity: reviewing the evidence from Europe. Current Obesity Reports, 1-7.*
- Byrd-Bredbenner, C., Alfieri, L., & Kiefer, L. (2000). The nutrition label knowledge and usage behaviours of women in the US. *Nutrition Bulletin, 25(4), 315-322.*
- Cannoosamy, K., Pugo-Gunsam, P., & Jeewon, R. (2014). Consumer knowledge and attitudes toward nutritional labels. *Journal of nutrition education and behavior, 46(5), 334-340.*

- Creswell, J. W. (2016). *Araştırma deseni. Nitel, nicel ve karma yöntem yaklaşımları*. (Çev. Demir, S. B.). Ankara: Eğitim.
- Cowburn, G., & Stockley, L. (2005). Consumer understanding and use of nutrition labelling: a systematic review. *Public health nutrition*, 8(1), 21-28.
- Grunert, K. G., & Wills, J. M. (2007). A review of European research on consumer response to nutrition information on food labels. *Journal of public health*, 15(5), 385-399.
- Hawkes, C., Smith, T. G., Jewell, J., Wardle, J., Hammond, R. A., Friel, S., . . . Kain, J. (2015). Smart food policies for obesity prevention. *The Lancet*, 385(9985), 2410-2421.
- Loureiro, M. L., Yen, S. T., & Nayga, J., Rodolfo M. (2012). The effects of nutritional labels on obesity. *Agricultural economics*, 43(3), 333-342.
- Mandle, J., Tugendhaft, A., Michalow, J., & Hofman, K. (2015). Nutrition labelling: a review of research on consumer and industry response in the global South. *Global health action*, 8(1), 25912.
- Özgen, L. 2007GaziÜniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi Sayı: 21, s. 117-127 Tüketicilerin Besin Etiketleri Tercihleri.
- World Health Organization. WHO Obesity and overweight Available at: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>, [13.09.20].
- World Health Organization. Global database on Body Mass Index: BMI Classification. Available at: <https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>. [12.09.20].

## RF magnetron sıçratma yöntemi kullanılarak Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ince film büyütmede alttaş ve güç değişikliğinin filmlerin yapısal özelliklerine etkisi

Nagehan Şahin<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9418-6683>), Yunus Akaltun<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9534-9106>), Emre Gür<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3606-2751>), Sevda Sarıtaş<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7274-3968>)

<sup>1</sup>Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Erzincan, Türkiye

<sup>2</sup>Atatürk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Erzurum, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: [nagis.sahin1414@gmail.com](mailto:nagis.sahin1414@gmail.com)

### Özet

Radyo frekansı(RF) reaktif magnetron sıçratma(sputter) ile bizmut oksit ince film büyütme işlemi gerçekleştirildi ve bu işleme güç ve alttaş etkisi incelendi. Bizmut oksit ince filmler cam, silisyum ve indiyum kalay oksit(İTO) alttaş üzerine farklı güç seviyelerinde biriktirildi. 40W, 80W ve 120W güçlerde biriktirilen ince filmlerin yapısal ve morfolojik özellikleri ve farklı alttaşların birikmeye etkisi incelendi. İnce filmlerin analizi için X-ray diffraction(XRD), taramalı elektron mikroskopu(SEM) ve spektroskopik elipsometre kullanıldı.

**Anahtar Kelimeler:** Bizmut oksit (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), İnce Film, Magnetron Sıçratma, Nano Malzemeler

### The structural effects of substrate and power change on Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film deposition using RF magnetron sputter method

#### Abstract

The substrate and power effects of bismuth oxide(Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) thin films deposited by Radio-frequency magnetron sputter method were studied. The bismuth oxide thin films were deposited on glass, si and indium tin oxide(ITO) substrates with different conditions of power. The effects of deposited on different substrates and the morphological and structural properties of thin films deposited under 40W, 80W, 120W were studied. The structural and morphological characterization of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films were done using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM) and spectroscopic ellipsometer.

**Keywords :** Bismuth Oxide (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), Thin Film, Magnetron Sputter, Nanomaterials

### GİRİŞ

Bizmut oksit (Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) kristal yapısına bağlı olarak geniş optik bant aralığına, yüksek kırılma indisine, dielektrik geçirgenliğe ve iyi fotoiletkenlik cevabına sahip eşsiz bir seramik malzemedir. Bu ilgi çekici özellikleri Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ince filmleri, optik kaplama(Fan ve ark. 2006 ), elektrokromik (Shimano(1998)), fotokatalitik(Sirota ve ark.,2012) (Medina ve ark.,2016), yakıt hücreleri(Gui ve ark.,2016), gaz sensörleri(Bahande ve ark.,2011), gibi geniş aralıklı uygulamalar için uygun hale getirmiştir.

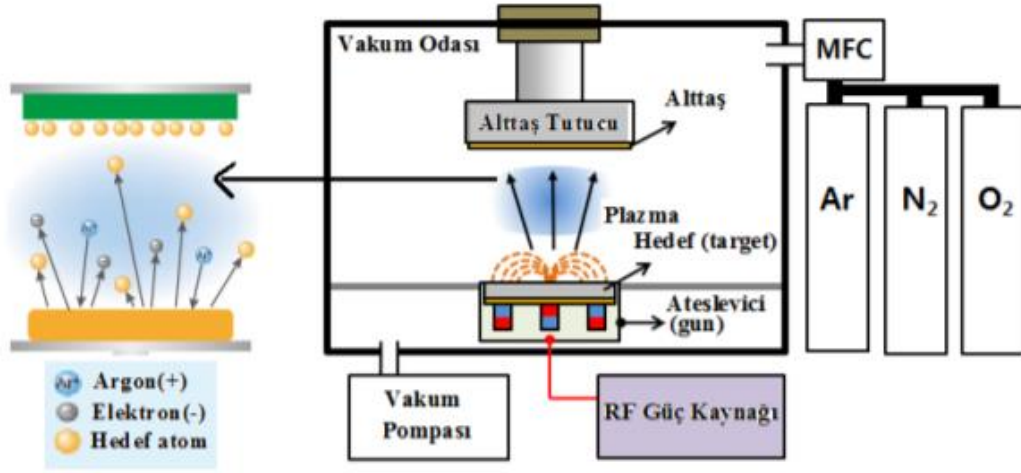
Sol-gel(Solis-Casados ve ark.,2016), atomic layer deposition(ALD)(Li ve ark.,2020), pulsed laser deposition(PLD)(Leontie ve ark.,2005), chemical bath deposition (CBD)(Gujar ve ark.,2005) gibi farklı biriktirme yöntemleri bizmut oksit ince film kaplamada kullanılmıştır.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan sıçratma yöntemi ile diğer yöntemlerle elde edilemeyen saflıkta ve yoğunlukta ince film kaplama yapılabilmektedir. Parametre kontrolünün kolay olması ve yüksek kalitede kaplama yapılabilmesi sebebiyle sıçratma yöntemi ince film kaplamada fazlaca tercih edilen bir yöntemdir. Bu çalışmada da RF magnetron sıçratma yöntemi kullanılmıştır.

### MATERYAL VE METOD

Malzemelerin yüzey özelliklerini değiştirmenin en kolay yolu ince film büyütme ya da filmi kaplamaktır. Sıçratma ile biriktirme ise fiziksel buhar biriktirme(PVD) tekniklerinden birisidir. Sıçratma biriktirme yönteminde katot malzemeyi bombardıman eden ve püskürten iyonları üretmek için manyetik olarak geliştirilmiş magnetron deşarjı kullanılır.

RF magnetron reaktif saçtırma metodu yüksek vakum altında hedef malzemenin inert gaz sayesinde bombardıman edilmesi sonucu hedef malzeme yüzeyinden kopan atomların veya moleküllerin alttaş üzerine tutunması işlemidir. Koparma işlemi için genellikle argon gazı kullanılır. Şekil 1’de görüldüğü gibi hedef malzeme Ar<sup>+</sup> iyonlarıyla bombardıman edilerek ince filmin alt malzemeye tutunması sağlanmaktadır.



Şekil1. RF magnetron saçtırma yönteminin şematik gösterimi.

Bu çalışmada radyo frekansı magnetron saçtırma yöntemi kullanılarak Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ince filmler; cam, silisyum, ve İTO alttaş üzerine biriktirildi. Çalışmada Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ince film büyütmek için malzeme, %99,995 saflıkta, 2 inch çapında ve 0,125 inch kalınlığında target kullanılmıştır. İnce filmler 8mTorr basınç altında, 300°C alttaş sıcaklığında ve farklı güç değerlerinde biriktirilmiştir.

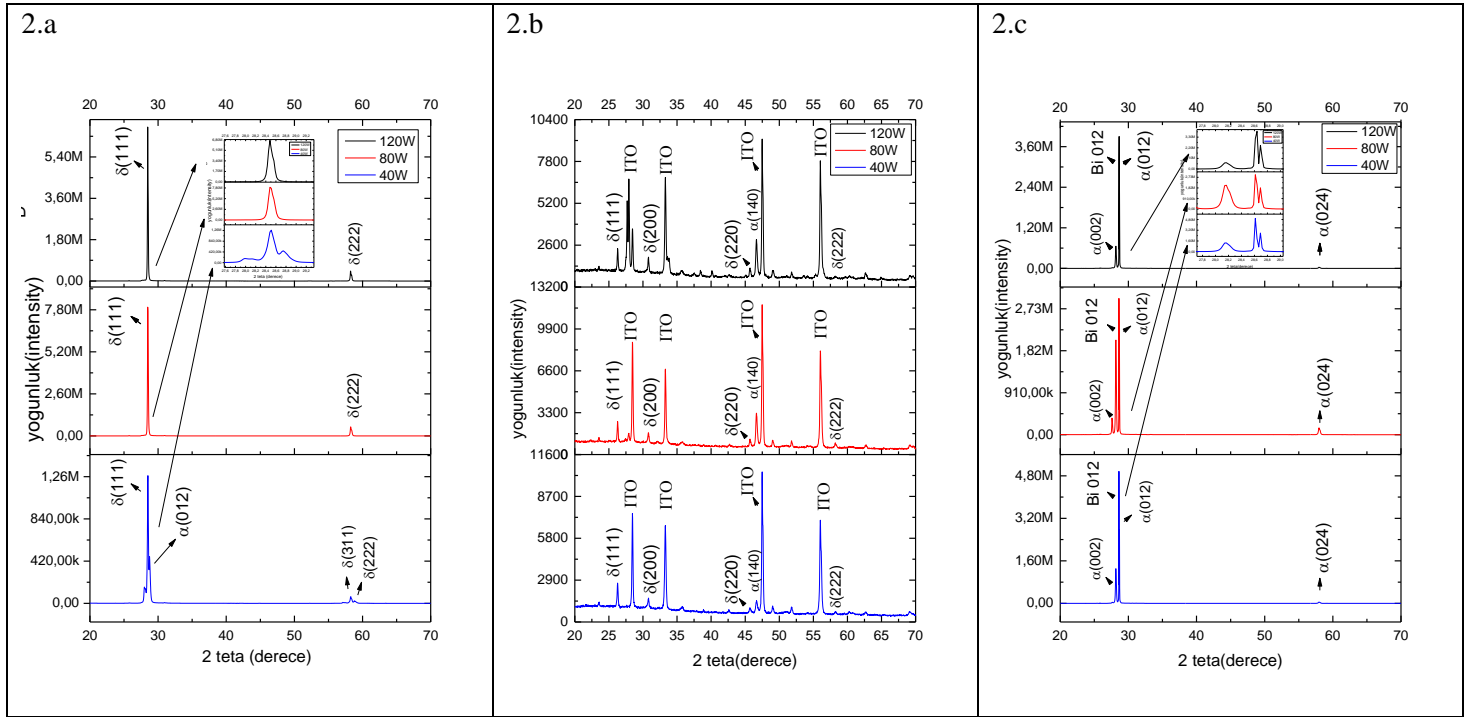
Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ince filmler; cam, silisyum ve İTO alttaşlar üzerine, 40W, 80W ve 120W olmak üzere üç farklı güç seviyelerinde biriktirilmiştir. İlk seri 40W güç altında ve 30 dk süreyle, ikinci seri 80W güç altında 20dk süreyle ve üçüncü seri 120W güç altında 10dk süreyle RF magnetron reaktif saçtırma ile biriktirilmiştir.

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ince filmlerin; morfolojik incelemesi FEI marka, QUANTA FEG 450 model Taramalı Elektron Mikroskopu(SEM) ile, yapısal inceleme PANALYTICAL marka, EMPYREAN model X-Işını Difraksiyon Cihazı(XRD) ile, kalınlık ölçümü Spektroskopik Elipsometre ile yapılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

### 1. X-Işını Difraktometrisi Sonuçları

Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yapısal analizi için 2θ formunda 20°’den 70°’ye kadar değişen difraktometre açısıyla X-Ray difraktometre kullanıldı. Cam, silisyum ve İTO alttaş üzerine, farklı güç seviyelerinde saçtırma ile biriktirilen ince filmlere ait XRD örnekleri şekil.2’de gösterilmektedir.

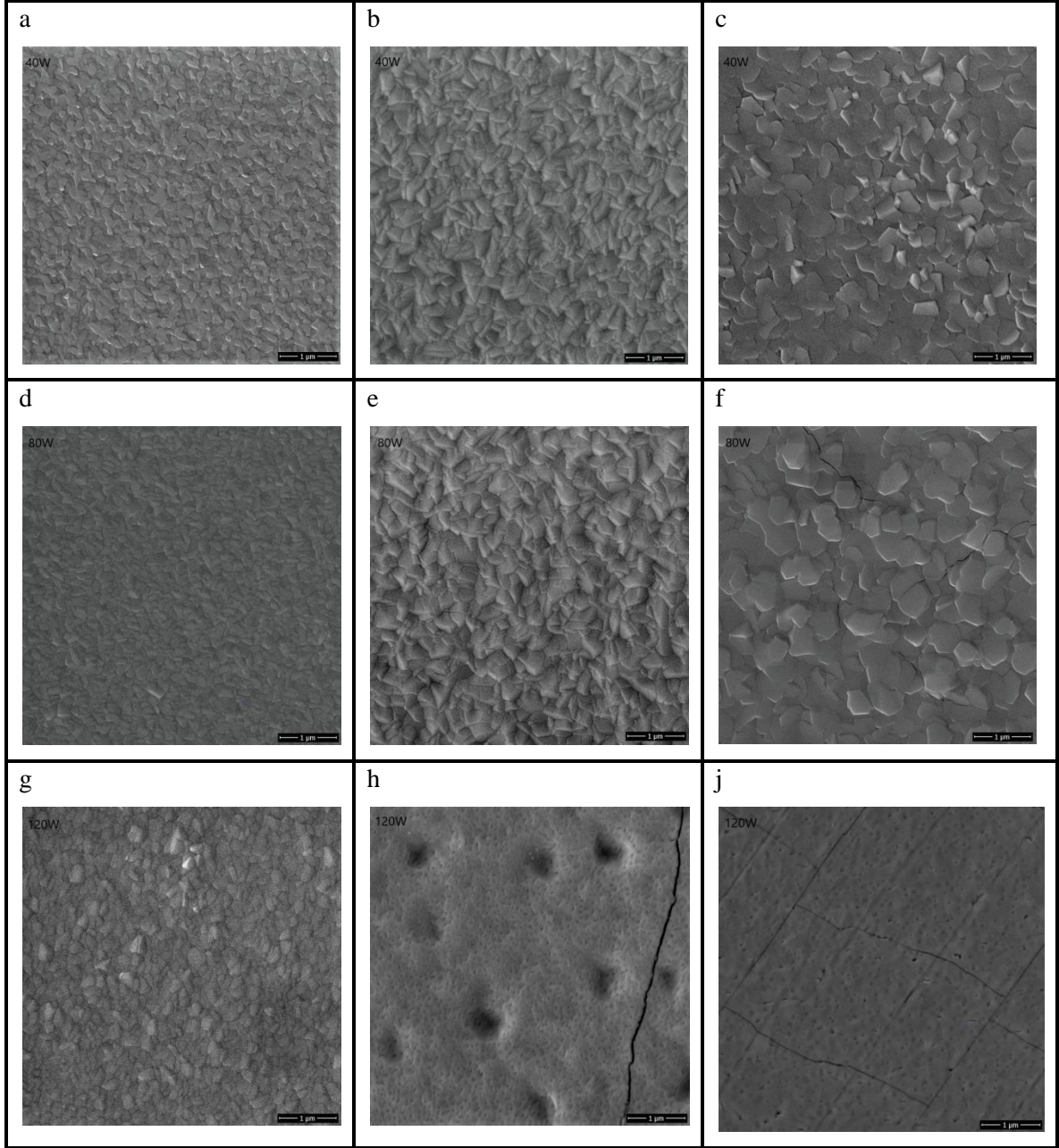


Şekil.2 (a) Cam alttaş, (b) İTO alttaş ve (c) Silisyum alttaş üzerine biriktirilen  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ince filme ait XRD kırınım deseni.

Şekil2’de biriktirilen ince filmlerin XRD kırınım deseninde gösterilen pikler incelendiğinde şekil2a’da cam alttaş için 111 ( $2\theta = 28,35^\circ$ ), 222 ( $2\theta = 58,3^\circ$ ) kübik  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  yapı her güç seviyesinde mevcutken, 40W güç seviyesinde 012 ( $2\theta = 28,75^\circ$ ), 311 ( $2\theta = 58,26^\circ$ ) hegzagonal yapıların da oluştuğu gözlemlenmektedir.(Meng ve ark.,2018). Şekil2b’de İTO alttaş için 111 ( $2\theta = 26,32^\circ$ ), 200 ( $2\theta = 30,8^\circ$ ), 220 ( $2\theta = 45,79^\circ$ ), 222 ( $2\theta = 58,2^\circ$ ) kübik ve 140 ( $2\theta = 46,5^\circ$ ) hegzagonal  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  yapıların bulunduğu ve güç değişimi ile yapıların etkilenmediği ve faz kayması olmadığı gözlemlenmektedir. Şekil2.c’de silisyum alttaş için 002 ( $2\theta = 28,20^\circ$ ), 012 ( $2\theta = 28,61^\circ$ ), 012 ( $2\theta = 28,68^\circ$ ), 024 ( $2\theta = 58,11^\circ$ ) kübik  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  yapıların bulunduğu ve güç değişimi ile yapıların etkilenmediği ve faz kayması olmadığı gözlemlenmektedir.( Lunca ve ark.,2017)

## 2. SEM Sonuçları

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  ince filmlerin yüzey morfolojisi karakterizasyonu için taramalı elektron mikroskopu kullanıldı. Cam, silisyum ve İTO alttaş üzerinde farklı güç seviyelerinde sıçratma ile biriktirilen  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ince filmlerin SEM görüntüleri şekil.3’de verilmektedir. Şekil3a.d.g.’de 40W, 80W ve 120W güç altında cam alt malzeme üzerine büyütülen filmler incelendiğinde, gücün artması ile birlikte tekdüze dağılımın azaldığı ve yapıda deformasyon oluştuğu ve yüzey kusurlarının ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Şekil3b.e.h’de 40W, 80W ve 120W güç altında ito alt malzeme üzerine büyütülen filmler incelendiğinde, gerilimin artırılmasıyla yüzey yoğunluğunun azaldığı ve yüzeyde bozulmalar meydana geldiği gözlemlenmektedir.



Şekil3. RF magnetron saçırma Yöntemi ile (a)40W cam alttaş, (b)40W silisyum alttaş, (c)40W İTO alttaş, (d)80W cam alttaş, (e)80W silisyum alttaş, (f)80W İTO alttaş, (g)120W cam alttaş, (h)120W İTO alttaş, (j)40W silisyum alttaş üzerine biriktirilen filmlere ait 60000 büyütmede SEM görüntüleri.

Şekil.3c.f.j'de 40W, 80W ve 120W güç altında silisyum alttaş üzerine büyütülen filmler incelendiğinde, gücün artırılmasıyla daha büyük taneciklerin oluştuğu, yüzey homojenliğinin arttığı ancak yüzeyde kusur ve çatlakların meydana geldiği gözlemlenmektedir.

Şekil3'de farklı alttaş üzerine biriktirilen  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ince filmlerin yüzey morfolojileri incelendiğinde, alt malzemenin değiştirilmesiyle tanecik yapılarının değiştiği ve yüzeyde farklı yapıların oluştuğu gözlemlenmektedir. Cam alttaş kullanılan filmlerde daha yoğun ve küçük tanecikli yapılar oluşurken silisyum alttaş kullanılan ince filmlerde daha büyük tanecikli altıgen benzeri yapılar oluşmaktadır. İTO alttaş kullanılan filmlerde ise daha karmaşık yapıların meydana geldiği gözlemlenmektedir

### 3. Kalınlık Analizi

$\text{Bi}_2\text{O}_3$  ince film kalınlık analizi için spektroskopik elipsometre kullanılarak cam ve silisyum alttaş kullanılarak biriktirilen  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  ince filmlerin kalınlık ölçümü yapıldı. Ölçümlere ait kalınlık bilgileri Tablo1'de gösterilmiştir.



Tablo1 Cam ve Silisyum altaşlara ait kalınlık değerleri

GÜÇ(W)	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> KAPLI CAM ALT MALZEME KALINLIĞI(nm)	Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> KAPLI SİLİSYUM ALT MALZEME KALINLIĞI(nm)
40	498	1399
80	676	613
120	424	425

Kalınlık değerleri ile gücün birikme oranına etkisi incelendi ve güç artırılırken işlem süresinin azaltılmasına rağmen daha düşük sürede ve daha yüksek güçte biriktirilen filmlerin kalınlığının değişmemesi gücün artırılmasıyla birikme oranının arttığını göstermektedir.

Gücün farklı alt malzeme kullanılmasındaki etkisi incelendiğinde ise cam altaşlardakalınlığın daha az olduğu ve nispeten daha ince filmler üretildiği gözlemlenmektedir.

## SONUÇ

RF magnetron sıçratma yöntemi kullanılarak farklı altaş üzerine ve farklı güç değerlerinde büyütülen Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ince filmlerin XRD, SEM ve kalınlık ölçümleri değerlendirildiğinde büyütme gücü artırıldığında filmlerin birikme oranının arttığı ancak filmlerin yüzünde bozulmalar olduğu gözlemlenmiştir. 40w güçte hem hegzagonal hem de kübik yapılar mevcutken güç artırılmasıyla sadece kübik yapıların olduğu gözlemlenmiştir.

Altaş malzemenin değiştirmesiyle kristal yapılarının ve birikme oranlarının değiştiği, cam altaş kullanılan filmlerde daha homojen bir dağılım olduğu ve tanecik botutunun daha küçük olduğu gözlemlenmiştir. Cam altaş kullanılan filmlerde kalınlığın silisyum altaş kullanılan filmlerden daha az olduğu görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Bhande, S. S., Mane, R. S., Ghule, A. V., & Han, S.-H. (2011). A bismuth oxide nanoplate-based carbon dioxide gas sensor. *Scripta Materialia*, 65(12), 1081–1084
- Fan, H. T., Pan, S. S., Teng, X. M., Ye, C., Li, G. H., & Zhang, L. D. (2006).  $\delta$ -Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films prepared by reactive sputtering: Fabrication and characterization. *Thin Solid Films*, 513(1-2), 142–147.]
- Gui, L., Ling, Y., Li, G., Wang, Z., Wan, Y., Wang, R., ... Zhao, L. (2016). Enhanced sinterability and conductivity of BaZr<sub>0.3</sub>Ce<sub>0.5</sub>Y<sub>0.2</sub>O<sub>3- $\delta$</sub>  by addition of bismuth oxide for proton conducting solid oxide fuel cells. *Journal of Power Sources*, 301, 369–375
- Gujar, T. P., Shinde, V. R., Lokhande, C. D., Mane, R. S., & Han, S.-H. (2005). Bismuth oxide thin films prepared by chemical bath deposition (CBD) method: annealing effect. *Applied Surface Science*, 250(1-4), 161–167
- Leontie, L., Caraman, M., Visinoiu, A., & Rusu, G. I. (2005). On the optical properties of bismuth oxide thin films prepared by pulsed laser deposition. *Thin Solid Films*, 473(2), 230–235.
- Li, J., Mao, N., Li, X., Chen, F., Li, Y., Jiang, K. Chu, J. (2020). Controllable fabrication of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles by atomic layer deposition on TiO<sub>2</sub> films and application in photodegradation. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 204, 110218
- Lunca Popa, P., Sønderby, S., Kerdsonpanya, S., Lu, J., Arwin, H., & Eklund, P. (2017). *Structural, morphological, and optical properties of Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin films grown by reactive sputtering. Thin Solid Films*, 624, 41–48
- Medina, J. C., Bizarro, M., Gomez, C. L., Depablos-Rivera, O., Mirabal-Rojas, R., Monroy, B. M., ... Rodil, S. E. (2016). Sputtered bismuth oxide thin films as a potential photocatalytic material. *Catalysis Today*, 266, 144–152
- Meng, L., Xu, W., Zhang, Q., Yang, T., & Shi, S. (2018). *Study of nanostructural bismuth oxide films prepared by radio frequency reactive magnetron sputtering. Applied Surface Science*
- Shimano, K. (1998). Bismuth oxide thin film as new electrochromic material. *Solid State Ionics*, 113-115(1-2), 415–419

- Sirota, B., Reyes-Cuellar, J., Kohli, P., Wang, L., McCarroll, M. E., & Aouadi, S. M. (2012). Bismuth oxide photocatalytic nanostructures produced by magnetron sputtering deposition. *Thin Solid Films*, 520(19)
- Solís-Casados, D. A., Escobar-Alarcón, L., Arrieta-Castañeda, A., & Haro-Poniatowski, E. (2016). Bismuth–titanium oxide nanopowders prepared by sol–gel method for photocatalytic applications. *Materials Chemistry and Physics*, 172, 11–19

## Termoplastik matrisli kompozit malzemenin kaynak ile birleştirme teknolojisinin patent veri tabanı analizi ile incelenmesi

Hakan Öztürkmen (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2122-6263>)

TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. AR-GE ve Prototip Başkanlığı Teknoloji Yönetimi  
Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: [hakan.ozturkmen@tai.com.tr](mailto:hakan.ozturkmen@tai.com.tr)

### Özet

Günümüzde, üretim alanında havacılık, uzay ve otomotiv sektöründe kazandırdığı yüksek mekanik dayanım, korozyon direnci, hafiflik özelliklere sahip malzeme ihtiyacından dolayı fiber takviyeli polimer matrisli kompozitlerin kullanılması her geçen gün daha fazla artmaktadır. Fiber takviyeli polimer matrisli kompozitlerde genel olarak matris malzemesi olarak termoset ve termoplastik olmak üzere iki farklı davranış gösteren polimerler kullanılmaktadır. Geleneksel olarak imal edilen kompozit malzemelerin büyük bir çoğunluğunu fiber takviyeli termoset kompozitler oluşturmaktadır. Termoplastik polimerler kimyasal özellikleri sayesinde ısı etkisi altında tekrar şekil verebilme avantajı ile geleneksel termoset polimerlerden ayrılmaktadır. Ayrıca, mühendislik termoplastik polimerlerin erime sıcaklığı termoset polimerlerden daha yüksektir. Bahsedilen avantajlardan dolayı, fiber takviyeli termoplastik matrisli kompozitlerin kullanımı gün geçtikçe hız kazanmaktadır. Üretilen fiber takviyeli termoplastik matrisli kompozitlerin birleştirilmesi, havacılık, uzay ve otomotiv sektörlerinde termoplastik kompozit yapıların imalatında çözülmesi gereken önemli bir problemdir. Bu nedenle, termoplastik kompozit bileşenler için çeşitli birleştirme yöntemleri için araştırma ve geliştirme faaliyetleri sürdürülmektedir. Genel olarak, termoplastik kompozitlerin birleştirilmesi mekanik sabitleme (mechanical fastening), yapışkan bağlama (adhesive bonding), çözücü bağlama (solvent bonding), birlikte konsolidasyon (co-consolidation) ve füzyon bağlama (fusion bonding) veya kaynak (welding) olarak kategorize edilebilir. Füzyon bağlama veya kaynak, termoplastik kompozit bileşenlerin birleştirme, montaj ve tamiri için büyük bir potansiyele sahiptir ve ayrıca diğer birleştirme tekniklerine göre birçok avantaj sunar. Teknolojik gelişmelerin hız kazanması ile ülkelerin, firmaların ve akademik çalışmaların teknolojik yönelimlerini, stratejilerini ve yeniliklerini yapılan patent başvuruları üzerinden takip edebilmek, çağı yakalamak ve gelecek hakkında bilgi sahibi olabilmek adına oldukça önem kazanmaktadır. Bu çalışmanın amacı, fiber takviyeli termoplastik matrisli kompozitlerin kaynak ile birleştirme yöntemlerine yönelik güncel uygulamaları patent veri tabanı üzerinden tespit etmektir. Çalışmada bu konu üzerinde çalışan sektördeki öncü firmaların 2005 yılından bugüne kadar yaptığı patent başvuruları incelenmiştir. İncelenen patent başvuruları ile fiber takviyeli termoplastik matrisli kompozitlerin birleştirilmesi için kullanılan kaynak ile birleştirme yöntemleri, çözülmesi istenilen sorunlar ve sorunlara getirilen çözümler saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Termoplastik, Kompozit, Kaynak, Patent, Analiz

### Investigation of welding process of fiber reinforced thermoplastic matrix composites by patent database analysis

#### Abstract

Nowadays, the use of fiber reinforced polymer matrix composites is increasing day by day due to the need for materials with high mechanical strength, corrosion resistance and lightness that they gain in the aviation, space and automotive sector. In fiber reinforced polymer matrix composites, polymers with two different behaviors, thermoset and thermoplastic, are generally used as matrix materials. Most of the traditionally manufactured composite materials are fiber reinforced thermoset composites. Thermoplastic polymers are separated from traditional thermoset polymers with the advantage of reshaping under the effect of heat thanks to their chemical properties. Also, the melting temperature of engineering thermoplastic polymers is higher than thermoset polymers. Due to the mentioned advantages, the use of fiber-reinforced thermoplastic matrix composites is gaining momentum day by day. Joining the produced fiber reinforced thermoplastic matrix composites is an important problem to be solved in the manufacture of thermoplastic composite structures in aviation, space and automotive industries. Therefore, research and development activities are carried out for various joining methods for thermoplastic composite components. In general, joining of thermoplastic composites can be categorized as mechanical fastening, adhesive bonding, solvent bonding, co-consolidation and fusion bonding

or welding. Fusion bonding or welding has great potential for joining, assembling and repairing thermoplastic composite components and also offers many advantages over other joining techniques. With the acceleration of technological developments, it becomes very important to be able to follow the technological trends, strategies and innovations of countries, companies and academic studies through patent applications, to catch the era and to have information about the future. The aim of this study is to determine the current applications for welding and joining methods of fiber-reinforced thermoplastic matrix composites through the patent database. In this study, the patent applications made by the leading companies in the sector working on this subject since 2005 were examined. With the examined patent applications, welding and joining methods used for joining fiber reinforced thermoplastic matrix composites, the problems to be solved and solutions to the problems were determined.

**Keywords:** Thermoplastic, Composite, Welding, Patent, Analysis

## GİRİŞ

Günümüz teknolojisinde üretim sırasında kompozit malzemenin kullanılması gün geçtikçe getirdiği üstün mekanik özelliklerinden dolayı büyük bir önem kazanmaktadır. Sürekli fiber takviyeli termoplastik matris kompozit laminatlar, mevcut ve gelecekte kullanması amacıyla malzeme olarak büyük umut vaat etmektedir. Termoset fiber takviyeli kompozit laminatlarla karşılaştırıldığında, termoplastik laminatların işlenmesi daha kolaydır, çünkü karmaşık kimyasal reaksiyon veya uzun kütleme süreci gerektirmezler, kolayca geri dönüştürülürler ve depolama için soğutmaya ihtiyaç duymazlar, pratik olarak sonsuz raf ömrüne sahiptirler. Termoplastik kompozitler ayrıca çok düşük seviyede nem alımı sergiler, bu da mekanik özelliklerinin sıcak/ıslak koşullarda daha az bozulduğu anlamına gelir, termoset matrisli kompozitlere kıyasla daha yüksek hasar tolerans özelliklerine de sahiptirler.

Isıyla sertleşen reçinelerin aksine, termoplastiklere şekil verildikten sonra yeniden eritilip tekrar şekil verilebilir. Birkaç farklı montaj işlemi kullanılarak da birleştirilebilirler. Birleştirme, denizcilik, otomotiv ve havacılık endüstrisinde kompozit yapıların üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Mekanik birleştirme ve yapışkan bağlama (adhesive bonding), metalleri veya kompozit bileşenleri birleştirmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte mekanik birleştirmede delikler açılarak indüklenen gerilim konsantrasyonu veya yapışkan bağlama sırasında kapsamlı yüzey hazırlığı gibi dezavantajlar vardır. Günümüzde birleştirme, elektrik direnci, ultrasonik titreşim, sıcak plaka, elektromanyetik indüksiyon, dielektrik / mikrodalga ve IR kaynağı gibi çeşitli kaynak yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilebilir (Costa ve ark., 2012).

Patent veri tabanı analizi, firmaların Ar-ge yatırımları ve hedef pazarlarını belirlemeleri için öngörü sağlamaktadır. Sektörde öncü firmaların çoğu yaptıkları Ar-ge çalışmaları esnasında ortaya çıkan yeni fikirleri, henüz fikir aşamasında iken patent başvurusunu yaparak koruma sağlamayı amaçlarlar. Bu nedenle, patent başvuruları öncü firmaların hangi teknik alanda yoğunlaştığı, sektörü nereye taşımaya amaçladıkları konusunda bilgi vermektedir. Ayrıca, koruması sağlanan patent başvuruları 20 yıl süreyle geçerlidir. Ayrıca, koruma sağlayan patent başvurularının, korumasının devam etmesi için yıllık patent ücreti ödenmesi gerekmektedir. Yapılan tasarım, ürün geliştirme ve üretim sırasında 20 yılı geçmiş veya yıllık patent ücreti ödenmeyip koruması biten patent başvuruları herhangi bir lisanslama veya ihlal söz konusu olmadan kullanılabilir. Termoplastik matrisli kompozit malzemeler havacılık ve uzay, otomotiv ve denizcilik sektöründe güncel bir şekilde çalışılan bir konu olduğu için konu ile ilgili yapılan patent araştırmaları sektörün gelişimi ile ilgili fikir sağlayacaktır.

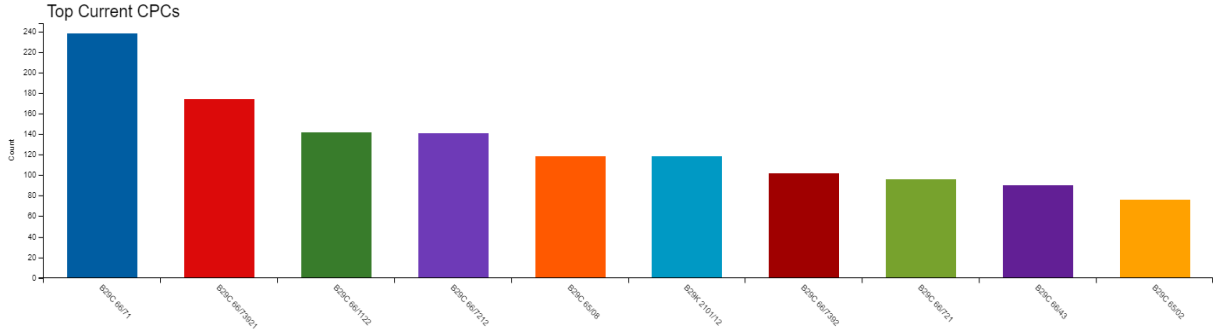
## MATERYAL VE METOD

Yapılan patent araştırmasında Orient, DuPont, General Electric, Teijin, Toray, Hexcel, Airtech, Boeing, Airbus, Woodwelding, Toyota, Mitsubishi, Saint Gobain, Seidensha, Honeywell, Sumitimo firmalarının 2005 yılından itibaren yaptıkları patent başvurularına bakılmıştır. Aşağıdaki anahtar kelimeler ile aramanın sonucu 102 tane patent başvuru çıkmıştır. Ancak, 85 adet doküman termoplastik kaynak ile birleştirmesi ile ilgilidir. Çalışma sürecinde kullanılan anahtar kelimeler Şekil 1'deki gibidir.

(CTB=((weld\*) OR (fusion NEAR1 bond\*)) AND (thermoplastic)) AND DSC=((PEEK OR polyetheretherketon OR PEI OR polyurethane\* OR polyimide\* OR TPI OR PTFE OR PEI OR PPS OR Polyethylene OR Polypropylene OR PBT OR PPS OR PEKK or polyetherketoneketone) AND (composite)) AND ACP=((B29K) OR (B29C0066) OR (B29C0065)) AND PA=((ORIENT OR (DU NEAR1 PONT) OR (GE OR (GENERAL NEAR1 ELECTRIC)) OR TEIJIN OR TORAY OR HEXCEL OR AIRTECH OR BOEING OR AIRBUS OR WOODWELDING OR TOYOTA OR SUMITO OR MITSUBISHI OR GOBAIN OR SEIDENSHA OR HONEYWELL OR SUMITIMO)) AND PRDS>=(20050101))

Şekil 1: Arama sırasında kullanılan anahtar kelimeler

## BULGULAR ve TARTIŞMA



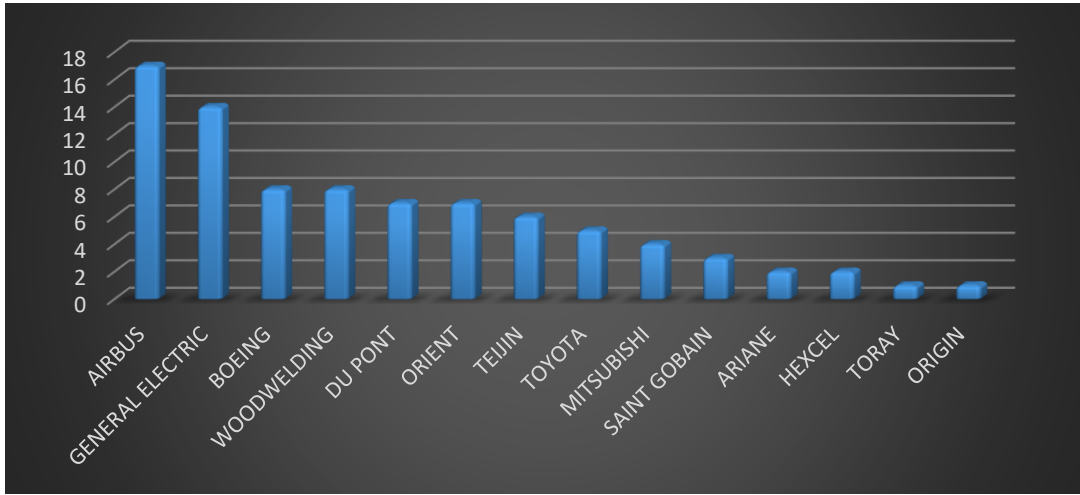
Şekil 2: İncelenen patent başvurularının ilgili sınıflara göre dağılımı

Şekil 2’de konu hakkında yoğunlukla kullanılan sınıflandırılmalar gösterilmiştir. Çalışma esnasında da bu sınıflar kullanılmıştır.

Tablo 1: İlgili sınıfların açıklamaları

Classification	Definition
B29C66/71	General aspects of processes or apparatus for joining preformed parts (means for handling the parts to be joined testing the joint) characterised by the composition of the plastics material of the parts to be joined (welding bar compositions)
B29C66/73921	General aspects of processes or apparatus for joining preformed parts (means for handling the parts to be joined testing the joint) characterised by the materials of both parts being thermoplastics
B29C66/1122	General aspects of processes or apparatus for joining preformed parts (means for handling the parts to be joined testing the joint) Single lap to lap joints, i.e. overlap joints
B29C66/7212	General aspects of processes or apparatus for joining preformed parts (means for handling the parts to be joined testing the joint characterised by the composition of the fibre
B29C65/08	Joining or sealing of preformed parts, e.g. welding of plastics materials; Apparatus therefor (general aspects of processes or apparatus for joining preformed parts; using porous material formed by internal pressure generated therein for joining preformed parts using ultrasonic vibrations (non-plastics element to plastics elements
B29K2101/12	Thermoplastic materials
B29C66/7392	General aspects of processes or apparatus for joining preformed parts (means for handling the parts to be joined testing the joint characterised by the material of at least one of the parts being a thermoplastic

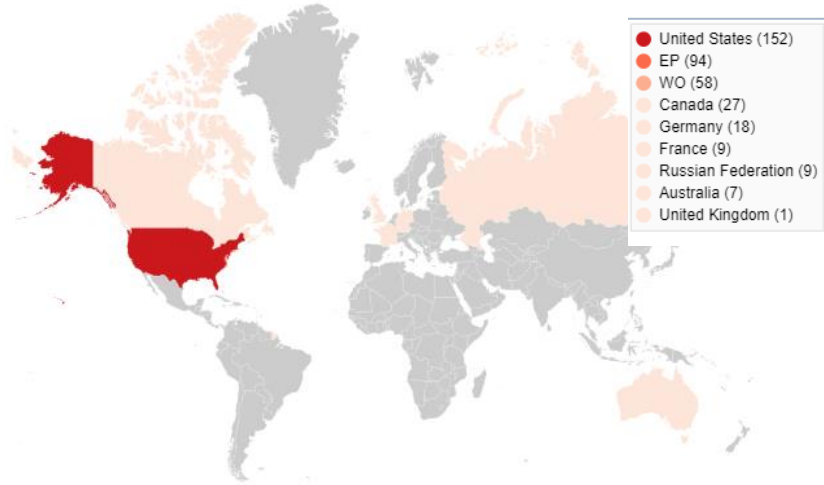
Yapılan patent araştırması sonucunda, incelenen patent başvurularının büyük bir çoğunluğunun Tablo 1’de açıklaması verilen B29C66/71 sınıfında yer aldığı görülmektedir. İlgili patent sınıfı incelendiğinde patent başvurularının termoplastik kompozit malzemesinin kaynak ile birleştirilmesi ile ilgili en yakın patent sınıfı olduğu görülmektedir. Patent araştırması yapılırken en yakın dokümanları elde etmek amacıyla B29C sınıfı aramada kullanılmıştır. B29C sınıfı plastik malzemenin şekil verilmesi ve birleştirilmesi ile ilgili sınıfların ana başlığıdır.



Şekil 3: Firmalara Göre Patent Dağılımı

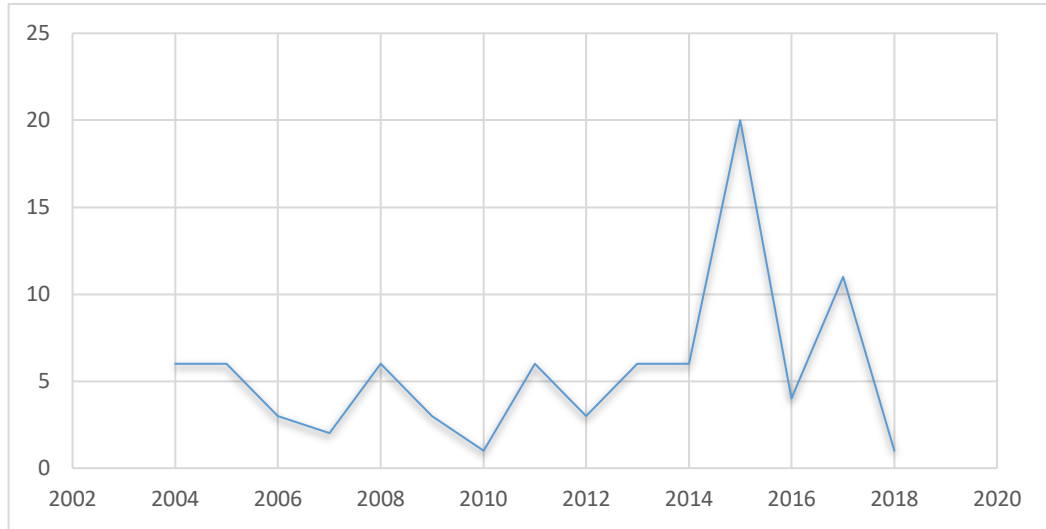
2005 yılından itibaren incelenen patent başvurularında Şekil 3'te termoplastik malzemelerin kaynak ile birleştirilmesi ilgili AIRBUS firmasının yoğun bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Termoplastik malzemesinin havacılık sektöründeki önemi göz önüne alındığında, sektörün en önde gelen havacılık firmalarından biri olan AIRBUS firmasının konu ile ilgili yoğun bir şekilde çalışması termoplastik kompozit malzemenin kaynak ile birleştirilmesinin hala güncel bir konu olduğu sonucunu vermiştir. GENERAL ELECTRIC, rüzgâr türbinlerindeki rotor kısımlarının alt montajlarını sağlamak için çalışma yaptığı görülmüştür. Ayrıca, BOEING, WOODWELDING, DU PONT, ORIENT, TEIJIN, TOYOTA, MITSUBISHI, SAINT GOBAIN, ARIANE, HEXCEL, TORAY ve ORIGIN firmalarının patent başvurularının olduğu da gözlemlenmiştir.

Top Countries and Regions



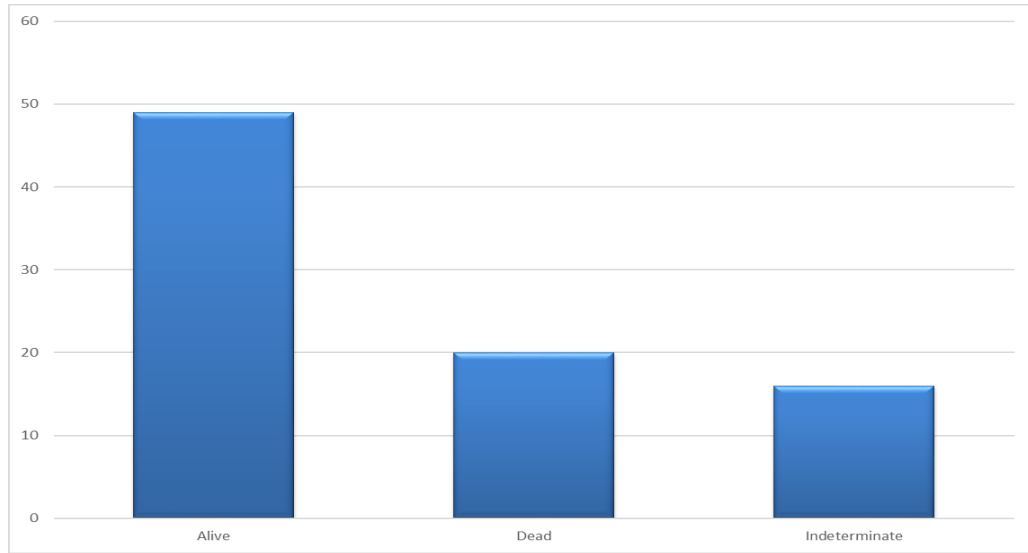
Şekil 4: Bulunan patentlerin ülke ve bölgelere göre dağılımı

Şekil 4'te görüldüğü gibi termoplastik kaynak ile birleştirme konusunda Amerika menşeli firmaların yoğunlukla çalışmaktadır. Amerika'yı, Kanada, Avrupa'daki (EP) Almanya, Fransa ve ayrıca Avusturalya gibi ülkeler takip ettiği görülmektedir. Bu sayede, konunun hangi pazarlara hitap ettiğini, hangi ülkelerin bu konu ile ilgili yoğun bir şekilde çalıştığı saptanabilmektedir.



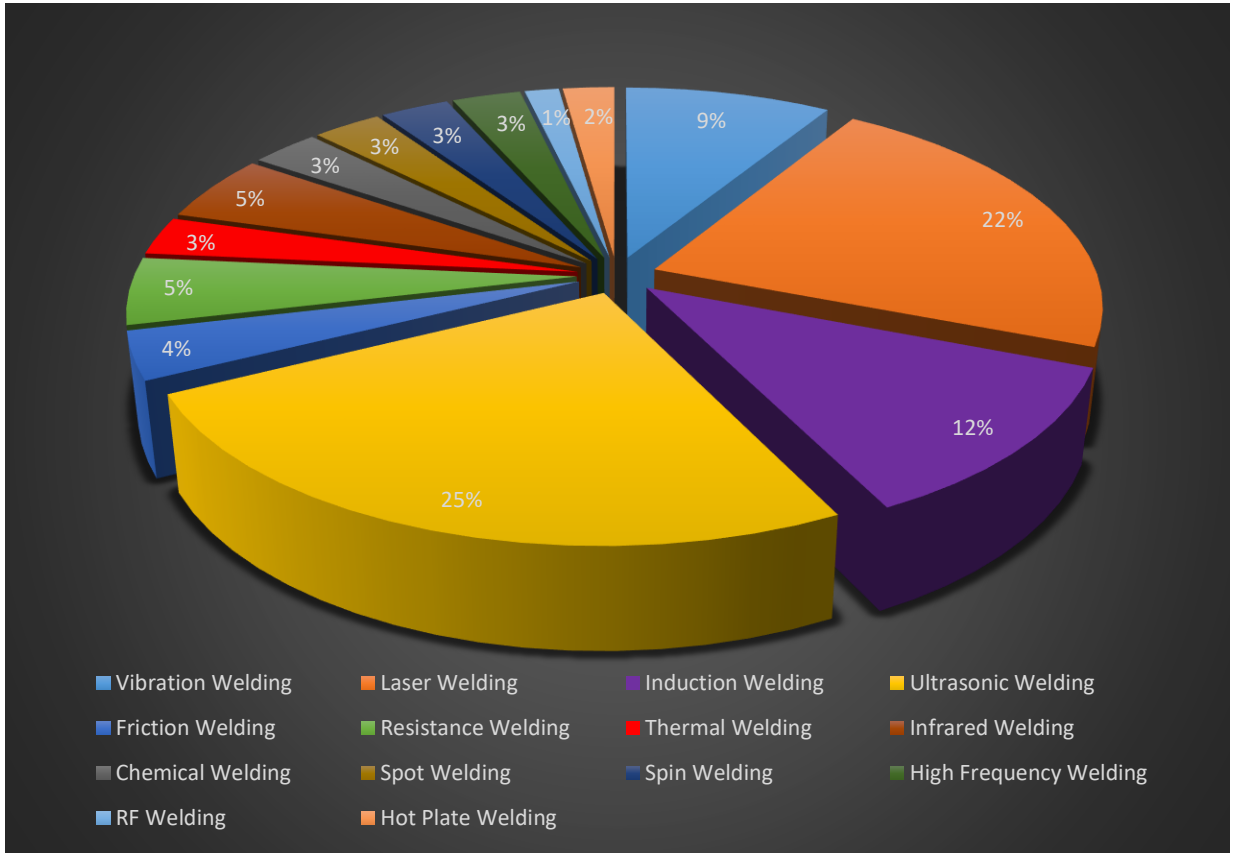
**Şekil 5:** İncelenen patent başvurularının yıllara göre dağılımı

Yapılan araştırma sonucu şekil 5'te gösterildiği gibi ilgili firmaların termoplastik kaynak ile birleştirme konusunda 2015 yılında yoğun bir şekilde patent başvurusu yaptıkları görülmüştür. 2018 yılında az sayıda patent başvurusunun olmasına arama sırasında kullanılan firma, sınıf ve anahtar kelimeler neden olarak gösterilebilir. Yapılan patent başvuruları 18 ay süreyle yayınlanmadığı için 2019 yılına ait başvurular görülememektedir.



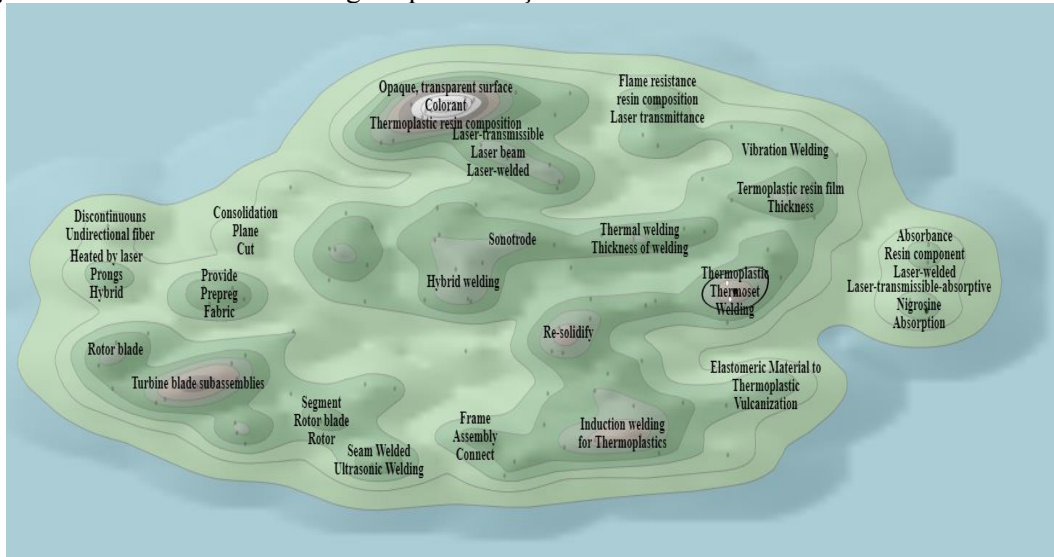
**Şekil 6:** Bulunan patentlerin tescillerinin devam durumu

İncelenen patent başvuruları göz önüne alındığında şekil 6'da patent başvurularının %25'e yakının başvuru sahipleri tarafından yıllık ücretleri ödenmediğinden dolayı kullanımı serbest halde olduğu görülmüştür. Ar-Ge sürecinde termoplastik kaynak konusu ile ilgili çalışma yapmayı planlayan firmalar bu patent başvurularını herhangi bir lisanslama ücreti ödmeden, ihlal etmeden kullanma hakkına sahiptir. Bu sayede firmalar çalışma sürecinde serbest haldeki patent başvurularını kullanarak yaptıkları çalışmalarda ilham alıp geliştirebilme imkânına da sahip olmaktadır.



Şekil 7: Patent Başvurularına Göre Firmaların Üzerinde Çalıştığı Kaynak Çeşitlerinin Sayısal Oranları

İlgili firmaların yaptıkları patent başvuruları incelenerek şekil 7’de sayısal olarak kaynak çeşitlerinin yüzdeleri yer almaktadır. Ultrasonik ve lazer kaynağının diğer kaynak çeşitlerine göre termoplastik malzemeleri birleştirme işleminde daha fazla kullanıldığı tespit edilmiştir.



Şekil 8: Termoplastik Kaynak ile Birleştirme Konusunda Çalışılan Konuların Topografik Haritası

Şekil 8’de yer alan topografik harita incelendiğinde lazer kaynağı yönteminde, termoplastik malzemeler üzerinde opak ve transparan yüzeyler, termoplastik reçine kompozisyonu, lazer iletilbilirlik, lazer ışını ilgili çalışmaların **EP1582565** (European Patent Office Patent No. EP1582565, 2005), **US7153384** (US Patent Office Patent No. US7153384, 2006) numaralı dokümanlarda yer aldığı görülmektedir. Büyük bir çoğunluğunun General Electric firmasının çalıştığı rotor parçaların alt montajları için yapılan çalışmaların **US20180223797** (US Patent Office Patent No. US20180223797, 2017), **US10253752** (US Patent Office Patent



No. US10253752, 2015), **US20170074240** (US Patent Office Patent No. US20170074240, 2015), **EP3121441** (European Patent Office Patent No. EP3121441, 2016), numaralı dokümanlarda yer aldığı görülmektedir. Termoplastik malzeme ile metal, termoplastik ve elastomer mazemelerin kaynak ile birleştirilmesinin (hybrid welding) **US10118342** (US Patent Office Patent No. US10118342, 2014), **US20190061273** (US Patent Office Patent No. US20190061273, 2018), **US20170015054** (US Patent Office Patent No. US20170015054, 2016) ve **US20160075078** (US Patent Office Patent No. US20160075078, 2015) numaralı dokümanlarda yer aldığı görülmektedir.

## SONUÇ

Yapılan çalışma sonucunda termoplastik malzemenin kaynak ile birleştirilmesi konusunda ilgili elde edilen sonuçlara göre sektörün önde gelen firmalar tarafından ultrasonik kaynak ve lazer kaynak yönteminin diğer kaynak ile birleştirme yöntemlerine göre daha fazla çalışıldığı saptanmıştır. Lazer kaynağı konusunda, opak ve transparan yüzeylerin geliştirilmesi ile lazer kaynağının daha etkin bir şekilde kullanılması amaçlanmıştır. Ayrıca, termoplastik reçinenin kompozisyonunun değiştirilmesi ile birlikte kaynak işleminin daha efektif bir şekilde yapılabilmesi sağlanmaktadır.

Çalışma sonucu elde edilen verilere göre, AIRBUS firmasının termoplastik matrisli kompozit malzemelerin kaynak ile birleştirilmesi konusunda ilgili yaptığı çalışmaların diğer firmalara göre daha yoğun bir şekilde olduğu görülmüştür. Havaacılık sektöründe, termoplastik malzemenin kullanılmasının güncel olarak çalışılmaya devam ettiği ve gelecekte de çalışmaların devam edeceği konusunda fikir vermektedir. General Electric firmasının, rotor kısmının alt montajı sırasında termoplastik malzemenin kaynak ile birleştirilmesiyle ilgili çalışmaların da olduğu ayrıca görülmüştür.

## KAYNAKLAR

1. Costa AP, et al. A review of welding technologies for thermoplastic composites in aerospace applications. *J Aerosp Technol Manag* 2012; 4 (3): 255–265
2. HATASE, Y., & SUGAWARA, S. (2005). European Patent Office Patent No. EP1582565.
3. HATASE, Y., & SUGAWARA, S. (2006). US Patent Office Patent No. US7153384.
4. CARUSO, D. C., HYNUM, A. D., TOBIN, R. J., & YARBROUGH, A. (2017). US Patent Office Patent No. US20180223797.
5. CARUSO, D. C., HYNUM, A. D., TOBIN, R. J., & YARBROUGH, A. (2015). US Patent Office Patent No. US10253752.
6. CARUSO, C. D., HYNUM, D. A., TOBIN, J. R., & YARBROUGH, A. (2015). US Patent Office Patent No. US20170074240.
7. CARUSO, C. D., HYNUM, D. A., TOBIN, J. R., & YARBROUGH, A. (2016). European Patent Office Patent No. EP3121441.
8. COLIN, C., & MENOCHET, A. (2014). US Patent Office Patent No. US10118342.
9. LINDE, P., & WARDLE, B. (2018). US Patent Office Patent No. US20190061273.
10. HATASE, Y., HAYASHI, R., KOSHIDA, R., & SUMI, H. (2002). European Patent Office Patent No. EP1353991.
11. BORN, J., FABRITZ, A., & ROWEDDER, C. (2016). US Patent Office Patent No. US20170015054.
12. IWANO, Y., & TANAKA, M. (2015). US Patent Office Patent No. US20160075078.

## Havacılık ve uzay sanayiinde biyomimikri uygulamaları patent veri tabanı analizi

Evren Şemsiye (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3963-8779>)

TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş AR-GE ve Prototip Operasyonları Başkanlığı Teknoloji Yönetimi Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: [evren.semsiye@tai.com.tr](mailto:evren.semsiye@tai.com.tr)

### Özet

Biyomimikri, doğadan ilham alınarak veya doğadaki yapılar taklit edilerek günümüzdeki mühendislik problemlerine yeni çözümler sunan bir yaklaşımdır. Biyomimikrinin amacı, doğanın milyonlarca yıllık evrimsel süreçte sunduğu model ve sistemlerin incelenmesi ile mühendislik problemlerine optimum ve sürdürülebilir çözümler üretmektir. Eklemeli imalat gibi karmaşık yapıların üretilmesine olanak sağlayan teknolojilerin geliştirilmesi ile birlikte şirketler tarafından yürütülen biyomimikri araştırmaları hız kazanmıştır. Son yıllarda biyomimikri konusunda yapılan patent başvuru sayısındaki artış bu durumun en büyük göstergesidir. Maddi olmayan duran varlıklardan biri olan patentler, şirketlerin teknoloji araştırma ve geliştirme çalışmaları gibi fikri mülkiyetlerinin korunması açısından şirket değerinde önemli bir konumda yer almaktadır. Şirketlerin çalışma alanları, güçlü ve zayıf yanlarının belirlenmesi, şirket stratejileri gibi araştırmalarda patent veri tabanı analizleri stratejik öneme sahiptir. Bu çalışma ile birlikte havacılık ve uzay sanayiinde kullanılmak üzere geliştirilen biyomimikri yaklaşımlarını içeren patentlerin veri tabanı analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen patent veri tabanı analizi sonucunda öne çıkan patent başvuruları, yıllara göre patent başvuru sayıları ve patent başvurularının ait olduğu teknik patent sınıfları incelenerek biyomimikri yöntemleri kullanılarak geliştirilen havacılık ve uzay sanayiindeki teknoloji çalışmalarının analizi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Patent, Patent Veri tabanı Analizi, Biyomimikri, Biyotaklit, Havacılık, Uzay

## Biomimicry applications in aviation and space industry patent database analysis

### Abstract

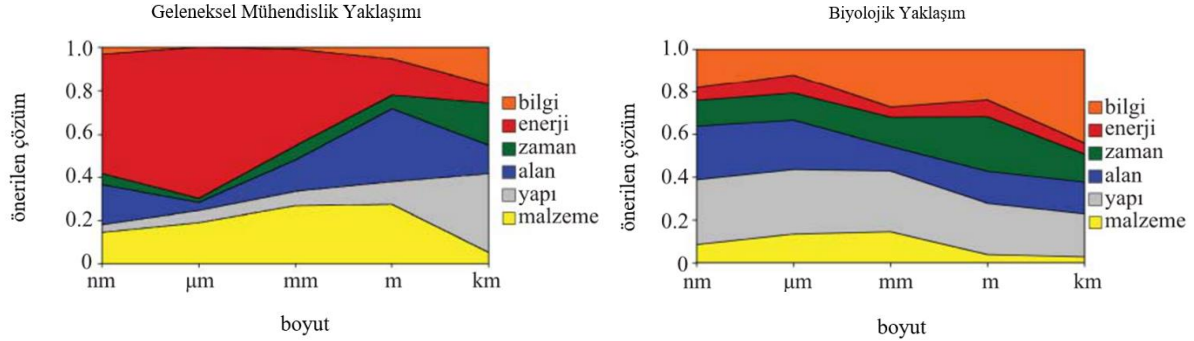
Biomimicry is an approach that provides new solutions to today's engineering problems by taking inspiration from nature or imitating structures in nature. The aim of biomimicry is to produce optimum and sustainable solutions to engineering problems by examining the models and systems offered by nature over millions of years of evolution. With the development of technologies that allow the production of complex structures such as additive manufacturing, biomimicry research conducted by companies has gained momentum. The increase in the number of patent applications on biomimicry in recent years is the biggest indicator of this situation. Patents, one of the intangible assets, occupy an important position in company value in terms of protection of intellectual property such as technology research and development studies. Patent database analysis has a strategic importance in researches such as the fields of operation of companies, determining their strengths and weaknesses, and company strategies. With this study, a database analysis of patents which includes biomimicry approaches has carried out to be used in aviation and space industry. By using biomimicry methods and examining the data that are acquired as a result of the patent database analysis carried out within the scope of this study such as outstanding patent applications, the number of patent applications by years and the technical patent classes to which the patent applications belong, the analysis of technology studies in the aviation and space industry has carried out.

**Keywords:** Patent, Patent Database Analysis, Biomimicry, Biomimic, Aviation, Space

### GİRİŞ

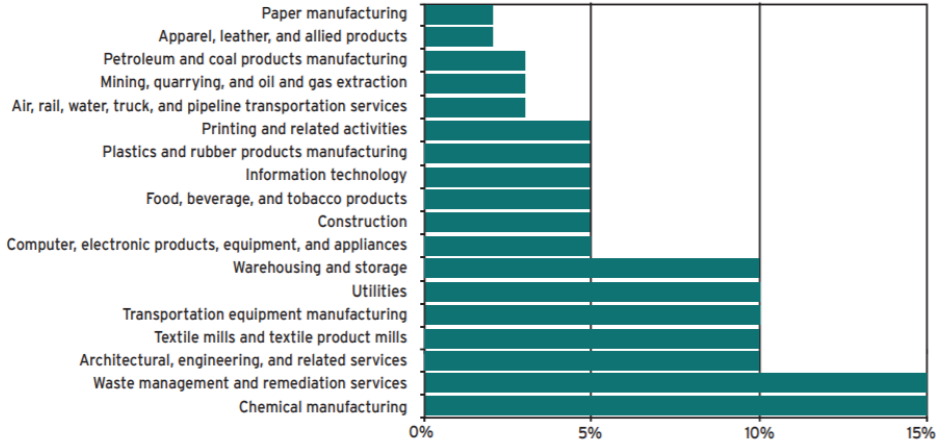
Biyomimikri kelimesi, yunanca kökenli bios (yaşam) ve mimesis (taklit) kelimelerinden türetilmiştir (Bar-Cohen, 2006). Ancak biyomimikri, doğadaki unsurların birebir olarak kopyalanması anlamını taşımamaktadır. Biyomimikri, belirli koşullar altında doğanın sunduğu çözümleri veya nasıl davranacağını irdeleyerek milyonlarca yıllık evrimsel süreç sonucunda başarısı kanıtlanmış bu çözüm ve davranışların mühendislik sorunlarına uyarlanmasını sağlayan bir yaklaşımdır. Amacı, bu mühendislik sorunlarına var olan çözümlerden daha verimli ve sürdürülebilir çözümler sunabilmektir.

Farklı boyutlardaki mühendislik problemlerinin çözümleri için ortaya koyulan geleneksel mühendislik yaklaşımı ile biyolojik yaklaşımın karşılaştırması Şekil 1’de gösterilmektedir. Günümüz teknolojilerinin önemli bir kısmının yer aldığı 1 metreden küçük boyut aralığında olan çözümlerde, geleneksel mühendislik yaklaşımı olarak en fazla tercih edilen yaklaşım %60’a varan oran ile enerji kullanımıdır. Bunu, yakın bir değer ile malzeme kullanımı takip etmektedir. Mühendislik problemlerinde geleneksel çözüm daha çok malzeme kullanımını, malzeme çeşidini veya gerekli enerji miktarını değiştirmekte aranırken öte yandan benzer boyut aralığındaki problemlerde biyolojik yaklaşımlarda en sık kullanılan çözümler, bilgi ve alan kullanımıdır (Vincent ve ark., 2006).



Şekil 1. Geleneksel mühendislik yaklaşımı ve biyolojik yaklaşım karşılaştırması

Biyomimikri yaklaşımının sunduğu sürdürülebilir ve optimum çözümler ile kimya, tekstil, inşaat, havacılık gibi mühendislik alanlarında yenilikçi ürünler ortaya çıkarılmaktadır. Şekil 2’de 2025 yılında biomimikrinin sektörlerdeki tahmini etkisi gösterilmektedir (Ataide ve ark., 2010). Amerika Birleşik Devletleri’nde 2013 yılından 2030 yılına kadar biyomimikri ürünlerinin 425 milyar ABD doları gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) oluşturacağı dünya çapında ise bu değer 1.6 trilyon ABD doları olacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte biyomimikri çözümlerinin sunacağı kaynak kullanımı ve kirlilikteki azalma ile birlikte biyomimikri ürünlerinin bu değere 500 milyar ABD doları tutarında ek katkı sağlayacağı beklenmektedir (Ataide ve ark., 2010).



Şekil 2. 2025 Yılında Biyomimikrinin Sektörler Üzerindeki Satış Yüzdesindeki Tahmini Etkisi

Avrupa Patent Ofisi’nin 2006 yılından itibaren düzenlediği yarışmalarda, patent başvuruları bağımsız juri ve uzmanlar tarafından değerlendirilerek, icatların ekonomiye ve sosyal hayata sağladıkları katkılara göre beş farklı kategoride “Avrupa Patent Ödülleri” dağıtılmaktadır (European Patent Office, 2020). 2018 yılında iki biyomimikri temelli patent başvurusu finalistler arasında yer almıştır. Bu başvurulardan EP1805412 numaralı patent başvurusu, kalbur balina yüzgeçlerinden ilham alınarak geliştirilen türbin ve fanlardan bahsetmektedir. Bu buluş, rüzgâr türbinlerinde %20 daha fazla güç üretimi ve endüstriyel fanların hava akışında % 25’e varan artış sağlamaktadır. EP2021361 numaralı ikinci başvuru ise örümceklerin ağ üretme mekanizması taklit edilerek yapay örümcek ağları oluşturulmasını konu alır. Bu buluş ile yüksek mekanik özelliklere sahip örümcek ağının seri üretimine olanak sağlanmaktadır. 2019 yılında ise denizkestanelerinin yapısından ilham alınarak geliştirilen buluşun korunduğu EP1996453 numaralı patent başvurusu, teknelerde meydana gelen

biyolojik kirliliği önleyerek teknelerde zehirli boyaların kullanımının önüne geçmekte ve okyanus kirlenmelerini önlemektedir. İlgili buluş çevre dostu olma özelliği ile Avrupa Patent Ödülü kazanmıştır. Bahsedilen ödüllü buluşlar Şekil 3’de gösterilmektedir.



Şekil 3. EPO patent ödülü kazanan buluşlar

Görüldüğü gibi doğadan ilham alınarak geliştirilen icatların çevreye ve ekonomiye azımsanmayacak katkıları vardır. Havacılık alanında en bilinen örneği, 1970’lerde NASA tarafından kartal gibi havada süzülerek uçan kuşların kanatlarından ilham alınarak geliştirilmeye başlanan, ardından Boeing ve Airbus gibi firmalar tarafından çalışmalar ilerletilerek ticari yolcu uçaklarında kullanılan ‘Winglet’lerdir (Chambers, 2003). Ardından Airbus, köpekbalığı yüzgecinden yola çıkarak, A320neo serisinde kullandığı, “sharklet” adı verilen kanat ucu aparatlarını geliştirmiştir. Köpekbalıklarından yola çıkılarak geliştirilen bir başka icat ise Şekil 4’de gösterilen köpekbalığı derisindeki dişe benzer dokuların uçak kanat ve gövdesinde kullanılmasıdır. Böylelikle uzun menzilli uçuşlarda sürüklenmenin azaltılması hedeflenmektedir (Airbus, 2018).

Bu bildiri ile havacılık ve uzay sanayiindeki teknik problemlerin çözümü için çalışılan biyolojik yaklaşımlar konusunda güncel gelişmelerin ivmesi ve yönünün ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, biyolojik yaklaşım ile havacılık ve uzay sanayiine yönelik geliştirilen icatları tespit etmek ve incelemek için patent veri tabanı araştırması yapılmıştır.



Şekil 4. Airbus Köpek balığı derisi uygulaması

## MATERYAL VE METOD

Patent veri tabanı araştırması gerçekleştirilirken Derwent Innovation Tool, Espacenet, Google Patents, Lens.org patent veri tabanları kullanılmıştır. Araştırmada, 1999 ve 2019 arasında yayımlanan patentler incelenmiştir.

Biyomimikri patentlerine ulaşmak amacıyla araştırmada biyomimikri, biyomimetik, biyonik, biyolojiden esinlenilmiş yapılar (bio-inspired) anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Bu çalışmaların havacılık ve uzay alanındaki uygulamalarının tespit edilmesi amacıyla ise, havacılık ve uzay (aerospace), hava taşıtı, uçak, uzay aracı anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Ayrıca araştırmalar patent başlığı, özeti, istemi ve tam metin araştırması olarak gerçekleştirilmiştir.

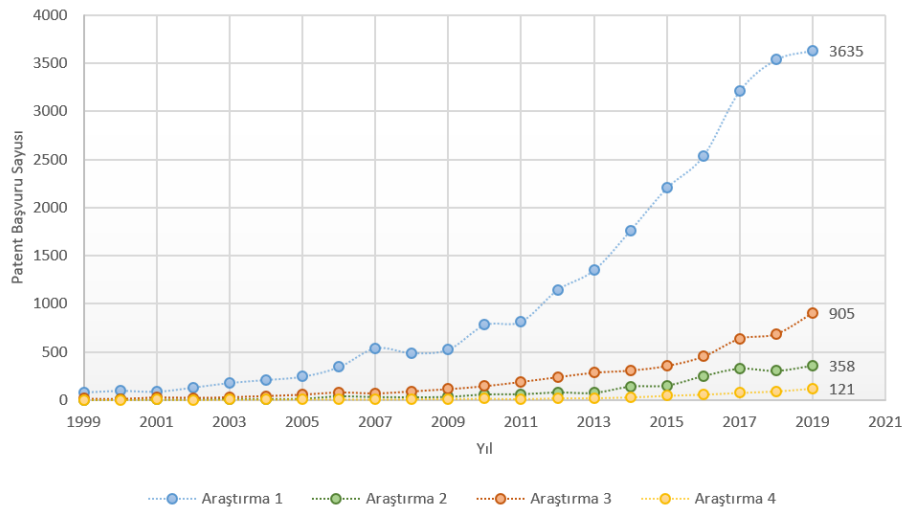
**Tablo 1.** Araştırma Stratejileri

<b>Araştırma 1</b>	(ctxt all "biomimicry" OR ctxt all "biomimetic*" OR ctxt all "bionic*") OR ctxt=("bio*" prox/distance<3 "inspir*")) AND pd within "1999-01-01:2019-12-31"
<b>Araştırma 2</b>	((ctxt all "biomimicry" OR ctxt all "biomimetic*" OR ctxt all "bionic*") OR ctxt=("bio*" prox/distance<3 "inspir*")) AND pd within "1999-01-01:2019-12-31" AND (ftxt any "aerospace" OR ftxt any "aircraft" OR ftxt any "airplane" OR ftxt any "aviation" OR ftxt any "aeronautic*" OR ftxt any "spacecraft" OR ftxt=("air" prox/distance<3 "vehicle"))
<b>Araştırma 3</b>	(ftxt all "biomimicry" OR ftxt all "biomimetic*" OR ftxt all "bionic*" OR ctxt=("bio*" prox/distance<3 "inspir*")) AND (ftxt any "aerospace" OR ftxt any "aircraft" OR ftxt any "airplane" OR ftxt any "aviation" OR ftxt any "aeronautic*" OR ftxt any "spacecraft" OR ftxt=("air" prox/distance<3 "vehicle")) AND pd within "1999-01-01:2019-12-31"
<b>Araştırma 4</b>	(ctxt all "biomimicry" OR ctxt all "biomimetic*" OR ctxt all "bionic*" OR ctxt=("bio*" prox/distance<3 "inspir*")) AND (ctxt any "aerospace" OR ctxt any "aircraft" OR ctxt any "airplane" OR ctxt any "aviation" OR ctxt any "aeronautic*" OR ctxt any "spacecraft" OR ftxt=("air" prox/distance<3 "vehicle")) AND pd within "1999-01-01:2019-12-31"

Tablo 1’de görüldüğü gibi 4 temel araştırma stratejisi geliştirilmiştir. İlk olarak biyomimikri ile yakından alakalı patent sayılarının belirlenmesi amacıyla patent istem, başlık ve özet bölümlerinde biyomimikri kavramları aratılmıştır. İkinci araştırmada ise birinci araştırmaya ek olarak havacılık ve uzay ile ilgili kelimeler patent tam metninde aratılmıştır. Üçüncü araştırmada, biyomimikri ile havacılık ve uzay anahtar kelimeleri patent tam metninde aratılmıştır. Son strateji olarak biyomimikri ile havacılık ve uzay kavramlarının yalnızca patent istem, başlık ve özetinde aratılması seçilmiştir. Patent araştırmalarının tam metinde aratılması durumunda konu dışı sonuçlar ortaya çıkabildiği için en iyi sonucu veren araştırma stratejisi seçilmeye çalışılmıştır.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

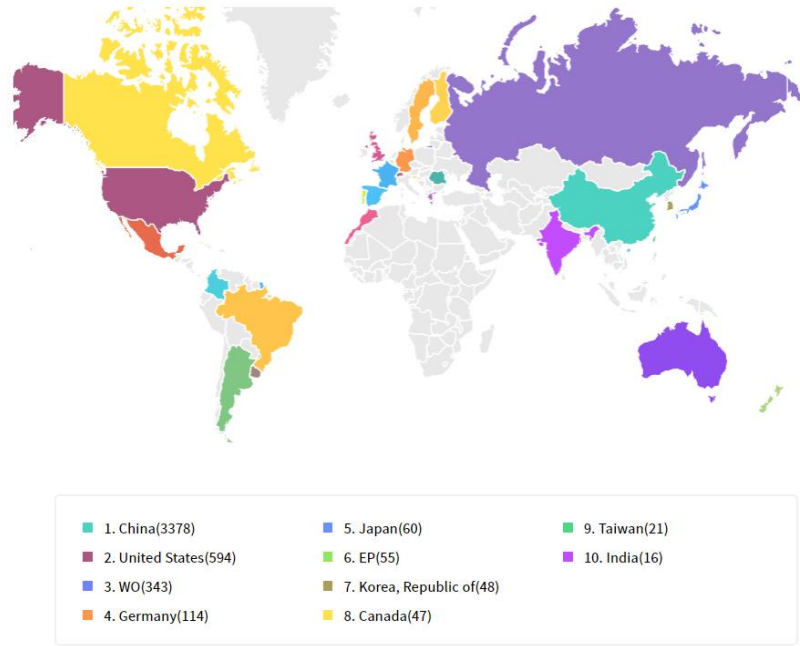
Araştırma sonucunda yıllara göre patent başvuru sayısı şekil 5’de gösterilmektedir.



**Şekil 5.** Yıllara Göre Havacılık ve Uzay Alanındaki Biyomimikri Patentleri

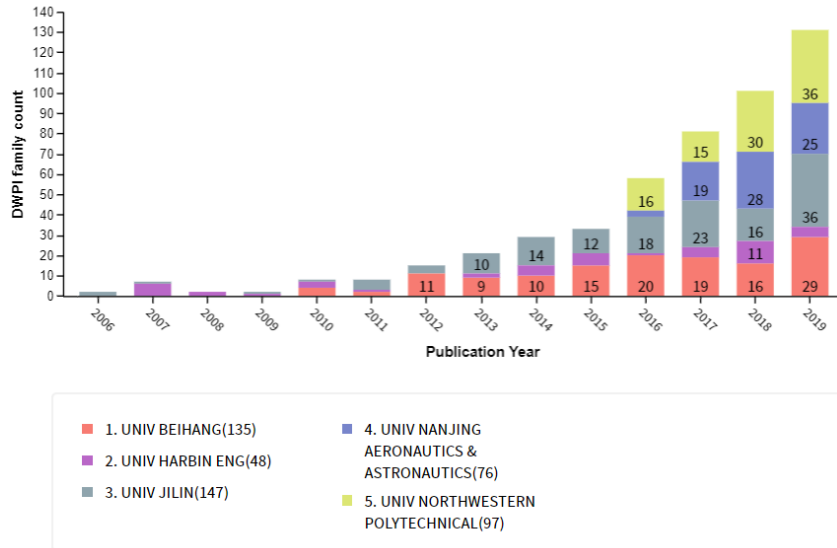
Araştırma 1, yalnızca biyomimikri patentlerini yansıttığı için ilk sonuç biyomimikri patentlerindeki genel eğilimi göstermektedir. Araştırma sonuçlarına göre toplam patent başvurularının sayısının sırasıyla 17336, 1411, 3912, 449 olduğu görülmüştür. Yeterli sayıda ve en alakalı sonuçları inceleyebilmek için, ülke başvuruları, başvuru yapan şirketler ve patent sınıfları belirlenirken 3. Araştırma dikkate alınmıştır.

Şekil 6’da patent başvuru sayılarına göre ülkeler yer almaktadır. En çok başvuru yapan ülkenin 3378 başvuru ile Çin olduğu görülmektedir.



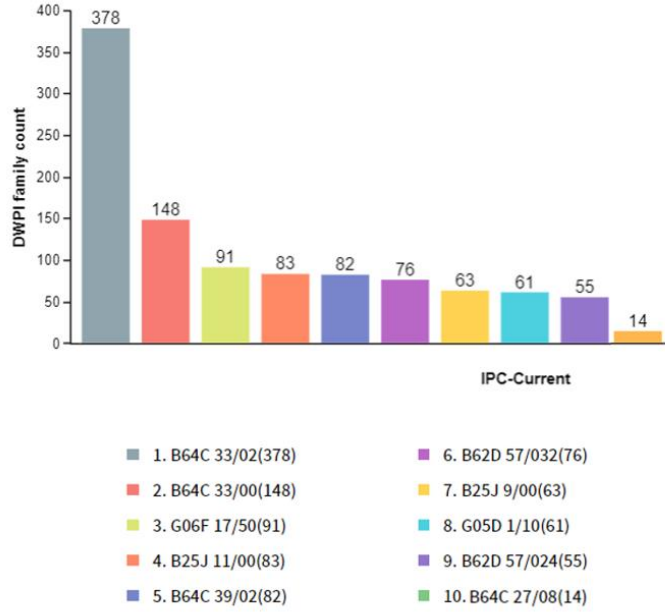
Şekil 6. Ükelere Göre Patent Sayısı

Yıllara göre en çok başvuru yapan patent sahipleri Şekil 7’de gösterilmiştir. Buna göre en yüksek başvuruya sahip kurumların tamamının Çin menşeli olduğu ve başvuruların üniversiteler tarafından gerçekleştirildiği görülmektedir.



Şekil 7. Patent Başvuru Sahipleri

Patent başvuruları, patent vekilleri tarafından ilgili oldukları konulara göre patent sınıflarına ayrılmaktadır. Bir patent bir veya daha fazla teknik sınıfa ait olabilir. Bu araştırma sonucuna göre öne çıkan teknik sınıflar Şekil 8’de gösterilmiştir.



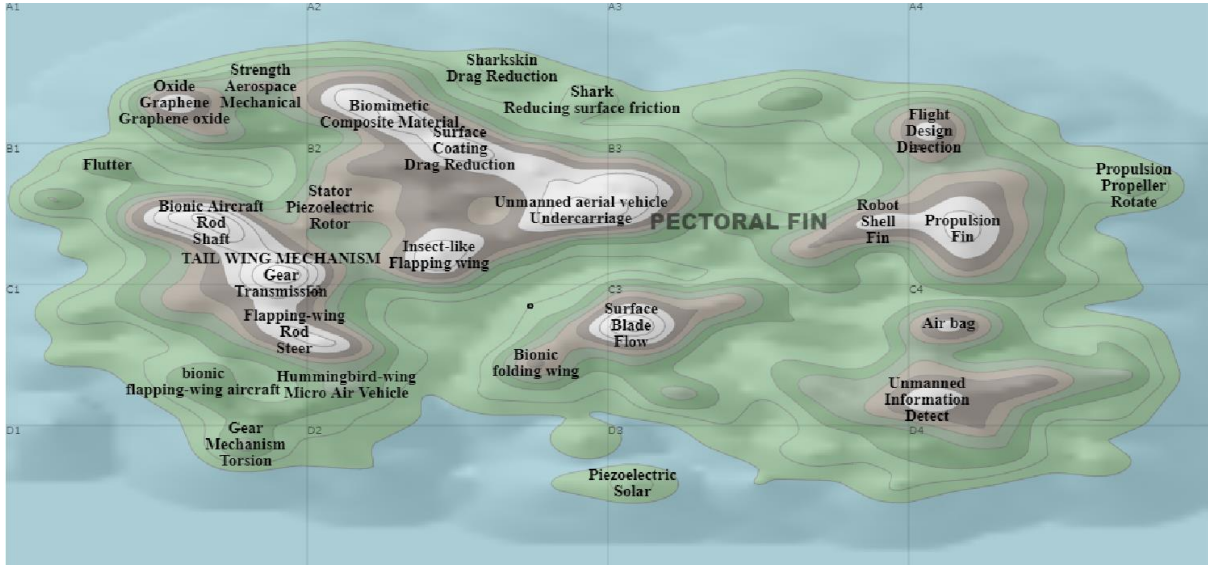
Şekil 8. Patent IPC Sınıfları

Tablo 2’de ise teknik sınıfların detayları yer almaktadır.

Tablo 2. IPC sınıf açıklamaları

<b>B64C 33/02</b>	Ornithopters /Wings; Actuating mechanisms therefor
<b>B64C 33/00</b>	Ornithopter
<b>G06F 17/50</b>	Computer-aided design
<b>B25J 11/00</b>	Manipulators
<b>B64C 39/02</b>	Aircraft, characterised by special use
<b>B62D 57/032</b>	Vehicles characterised by having other propulsion or other ground- engaging means than wheels or endless track, alone or in addition to wheels or endless track /with alternately or sequentially lifted supporting base and legs; with alternately or sequentially lifted feet or skid
<b>B25J 9/00</b>	Programme-controlled manipulators
<b>G05D 1/10</b>	Simultaneous control of position or course in three dimensions
<b>B62D 57/024</b>	specially adapted for moving on inclined or vertical surfaces
<b>B64C 27/08</b>	Helicopters, with two or more rotors

Teknik sınıflar arasında en sık geçen sınıflar “Ornithopters” sınıflarıdır. Bu sınıfta yer alan patentler incelendiğinde özellikle mikro hava araçları için geliştirilen böcek ve kuşlardan ilham alınan patentlerin sıklıkla yer aldığı görülmektedir. B25J11/00 ve B25J9/00 gibi “Manipulators” sınıflarında ise doğadan ilham alınarak gerçekleştirilen robotik çalışmalar yoğunluktadır. B64C39/02 sınıfında ise insansız hava araçları patentleri yer almaktadır.



Şekil 9. Patent Topoğrafik Haritası

Patentlerde geçen terimler iki boyutlu bir haritada gösterilerek patent topoğrafik haritası oluşturulmaktadır. Patentlerde sık geçen terimler, haritada tepe ve daha seyrek geçen terimler ise yeşil düzlükler olarak gösterilmektedir. Ek olarak bu terimler harita üzerinde ait oldukları teknik sınıf ve benzerlik ilişkilerine göre konumlandırılmaktadır.

Şekil 9’da araştırma sonucu ortaya çıkan patent topoğrafik haritası gösterilmiştir. Haritada, hareketli kanat mekanizmaları, insansız hava araçları ve böcek benzeri hava araçları oldukça sık geçen ve haritanın birden fazla bölümünde yer alan kelimeler arasındadır. Bununla birlikte bir başka öne çıkan çalışma ise sürüklemeyi azaltmak için köpekbalığı derisi üzerinde yapılan patent başvurularıdır. İnsansız hava araçları ile böcek benzeri hareketli kanat çalışmalarının aynı alanlarda olduğunu ve benzer alanlarda yüzey kaplama ve sürüklenme azaltma çalışmaları olduğu görülmektedir.

## SONUÇ

Yapılan araştırmalar sonucunda, dünya çapındaki biyomimikri patent başvurularının son 10 yılda 6 kattan fazla arttığı görülmüştür. Yapılan başvuruların özellikle Çin’de üniversiteler tarafından gerçekleştirildiği, bunu Amerika Birleşik Devletleri ve Almanya’nın izlediği ortaya konulmuştur. Bununla birlikte Çin ile diğer ülkeler arasındaki başvuru sayılarındaki fark dikkat çekmektedir. Biyomimikri çalışmalarının özellikle Çin başvurularında kuş ve böceklerden ilham alan, kanat çırpma, insansız mikro hava araçları üzerinde yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Ek olarak hava araçlarında sürüklenmenin azaltılması için yapılan çalışmaların köpekbalığı derisinden ilham alınarak geliştirilen yüzeyler ile sağlandığı ve bu alandaki çalışmaların yoğunlukta olduğu görülmüştür.

Bununla birlikte araştırma stratejisinden kaynaklı olarak ve biyomimikriden ilham alınarak geliştirilmesine rağmen bu alanla ilişkili kelimelerin patent yazımı sırasında geçmemesi gibi sebepler bu alanda başvuru yapılan patent sayısının doğru belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Ek olarak malzeme, nanoteknoloji, elektronik, algoritma gibi birçok uygulama alanına sahip buluşlarda havacılık ve uzay ile ilişkili kelimelerin kullanılmaması da göz önünde bulundurulduğunda biyomimikri alanında gerçekleştirilen patent sayısının, çalışmada yer alan sayılardan daha yüksek olması beklenmektedir.

## KAYNAKLAR

- Airbus. (2018, January 22). Biomimicry: Engineering in nature's style. Retrieved September 29, 2020, from <https://www.airbus.com/newsroom/news/en/2018/01/biomimicry--engineering-in-nature-s-style.html>
- Bar-Cohen, Y. (2006). *Biomimetics Biologically Inspired Technologies*. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group. doi:10.1201/9780849331633



- Chambers, J. R. (2003). *Concept to reality: Contributions of the NASA Langley Research Center to U.S. civil aircraft of the 1990s*. Washington, D.C.: National Aeronautics and Space Administration.
- EPO - About the European Inventor Award. (2020). Retrieved 29 September 2020, from <https://www.epo.org/news-events/events/european-inventor/about.html>
- San Diego Zoo Global. (2013). *Global biomimicry efforts - An economic game changer*. Fermanian Business & Economic Institute.
- Vincent, J., Bogatyreva, O., Bogatyrev, N., Bowyer, A., & Pahl, A. (2006). Biomimetics: its practice and theory. *Journal Of The Royal Society Interface*, 3(9), 471-482. doi: 10.1098/rsif.2006.0127

## Patent veri tabanı analizi: havacılık sektöründe radar soğurucu ve yıldırım çarpmasına karşı koruma sağlayan nano-malzemeler

Can Bozdoğan (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3067-8608>)

TUSAŞ – Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., ARGE ve Prototip Başkanlığı Teknoloji Yönetim Müdürlüğü Patent Mühendisliği, Ankara, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: Can.bozdogan@tai.com.tr

### Özet

Günümüzde, buluşların ve fikirlerin ticari korumasını sağlayan patentlerin incelenmesi ve analiz edilebilmesi, teknolojik gelişmelerin takibi için kullanılan önemli yöntemlerden biridir. Yüksek standartlara sahip bir endüstri olan havacılıkta, hava araçlarının tespiti ve takibi için kullanılan en yaygın pratik teknik olan radarlar, özellikle muharip amaçlı kullanılan hava araçlarının tespit edilmesine ve askeri operasyonların hedeflendiği gibi gerçekleştirilememesine neden olmaktadır. Öte yandan günümüzde kompozit malzemelerin hava araçlarında kullanılması hava araçlarının yıldırıma karşı daha hassas olmasına yol açmıştır. Nano-malzemelerin kompozit malzemeler ile birlikte kullanılmasının; malzemenin düşük görünürlük ve yıldırıma karşı dayanım özelliklerinin artırılmasını sağladığı, bu yönde çözümlerin geliştirildiği bilinmektedir. Bu çalışmada, havacılık endüstrisinde radar soğurucu ve yıldırıma karşı koruma özelliğine sahip nano-malzeme katkılı buluşlara ait patent başvurularının incelenmesi amaçlanmıştır. Patent veri tabanı analiz araçları kullanılarak problemlerin çözümünde nano-malzeme kullanımı için tercih edilen yenilikçi sistemlerin tespit edilmesi hedeflenmiştir. Son yirmi yıl içinde radar soğurma ve yıldırım çarpmasına karşı koruma özelliklerine sahip buluşları içeren patentler araştırılarak analiz gerçekleştirilmiştir. Patentlerdeki, tekniğin bilinen durumu, buluşun amacı, ortaya konan yenilikçi çözümler, yenilikler ve ilk koruma kapsamı incelenmiş, çalışmaların yoğunlaştığı alanlar ve teknolojik eğilim belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Patent, Havacılık, Patent Veri Analizi, Radar soğurucu malzeme, yıldırım çarpmasına karşı koruma, nano-malzeme

### Patent database analysis: nano-materials providing radar absorption and lightning strike protection in the aviation industry

#### Abstract

Nowadays, examining and analysing patents is one of the important methods used for tracking technological developments. In aviation, which is an industry with high standards, radars are the most common practical technique used for the detection and tracking of aircrafts. Radars lead to the detection of aircraft used especially for combat purposes and military operations cannot be performed as intended. On the other hand, the use of composite materials in aircraft today has made aircraft more sensitive to lightning. Using nano-materials together with composite materials; It is known that the low visibility and lightning resistance properties of the material are increased and solutions have been developed in this direction. In this study, it is aimed to examine the patent applications of nanomaterial-added inventions with radar absorber and lightning protection properties in aviation industry. By using patent database analysis tools, it is aimed to identify innovative systems preferred for the use of nano-materials in solving problems. Patents containing inventions with radar absorption and lightning strike protection features have been researched and analysed in the last two decades. The state of the art in patents, the purpose of the invention, innovative solutions, innovations and first protection scopes have been examined, technology areas that become more intense and technological trends have been determined.

**Keywords:** Patent, Aerospace, Patent Database Analysis, Radar Absorbing Material, Lightning Strike Protection

### GİRİŞ

Radar, hava araçlarının tespiti ve takibi için kullanılan en yaygın tekniktir. Radar, havacılık trafiği yönetiminde vazgeçilmez bir araç olmasına rağmen, hava aracının hedefine saldırıp tespit edilmeden operasyon sahasını terk etmesi gereken durumlarda ve çeşitli askeri operasyonlarda çözümlenmesi gereken önemli sorunları da beraberinde getirir. Radarlar, atmosfere elektro manyetik dalgalar yaymaktadır; hava aracından yansıyan dalgalar bir alıcı anteni tarafından alınır ve dalgalar sayesinde hava aracının konumu ve takibi gibi bilgiler sağlanabilmektedir. Hava araçlarında kullanılan metaller, elektromanyetik dalgaları güçlü bir şekilde

yansıtmaktadır ve radar kullanılarak hava araçları kolay bir şekilde tespit edilebilmektedir. Kompozitler ise metaller kadar kolay tespit edilememesine rağmen radar kullanılarak tespit edilebilmektedir. Bu sebeple, hava aracının radar kesitini azaltmak ve tespit edilmesini engellemek için radar bozucu malzemeler (RAM) kullanılmaktadır. F-22 Raptor ve F-35 Lightning II gibi hayalet askeri uçakların yüzeylerine uygulanan polimer temelli kaplamalar ve tekstiller RAM uygulamaları arasında yer almaktadır. Bu malzemeler ayrıca Boeing X-45 gibi taktik insansız hava sistemlerinde de kullanılmaktadır (Mouritz, 2012). Günümüzde RAM uygulamalarında nano ve mikro boyutta taneciklerin kullanıldığı bilinmektedir. Diğer bir yandan, yıldırım çarpması hava araçları için ciddi sorunlar oluşturabilmektedir. Özellikle kompozit malzemelerin hava araçlarında yaygın bir şekilde kullanılması ile beraber düşük iletkenlik katsayısına sahip olmaları sebebi ile hava araçları yıldırımlara karşı çok daha hassas bir konuma gelmiştir. Korumasız bir kontrol yüzeyi 200.000 Amper'e kadar elektrik akımına maruz kalabilmektedir. İyi bir koruma sağlanmazsa yıldırım çarpması nedeniyle hava aracı üzerindeki kablolar yanabilir, yakıt deposu patlayabilir, gövde ciddi derecede hasar alabilir. Bu gib, sorunları çözmek için yeni malzemelerin araştırılması sürmektedir. Yüksek elektriksel iletkenliğe sahip nano malzeme katkılı karbon nanotüpler (CNT) ve karbon nanofiberlerin (CNF) dikkat çekici mekanik, termal ve elektriksel özelliklere sahip olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla, kompozit malzemeler için nano materyal uygulamaları ile beraber elektriksel iletkenlik gibi özelliklerin yapı üzerinde değiştirilebilmesiyle yıldırım çarpmasına karşı koruma uygulamaları günümüzde havacılık sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır (Gou, J ve ark, 2010). Bu çalışmada kullanılan patent veri tabanı analizi sayesinde, bir teknik alanda güncel teknik bilgiye erişebilmek mümkün olmaktadır. Aynı zamanda, bahsi geçen teknoloji alanlarına ait tespit edilen patent başvurularının incelenmesi ile teknolojik eğilim ve bu konuda çalışan lider kurumların bilgisi saptanabilmektedir.

## MATERYAL VE METOD

Bildirinin amacı, havacılık ve uzay sanayiinde elektro manyetik alanı absorbe etme ve yıldırım çarpmasına karşı koruma özelliğine sahip nano materyel içeren uygulamaların patent veri tabanı analizi ile belirlenmesidir.

Araştırma; Derwent innovation tool, Espacenet, Google Patent ve Lens.org patent veri tabanları kullanılarak yapılmıştır. Havacılık endüstrisinde radar dalgalarını absorbe edici ve yıldırım çarpmasına karşı koruma sağlayan nano malzeme katkılı uygulamaların yer aldığı patentler ve patent başvuruları incelenmiştir.

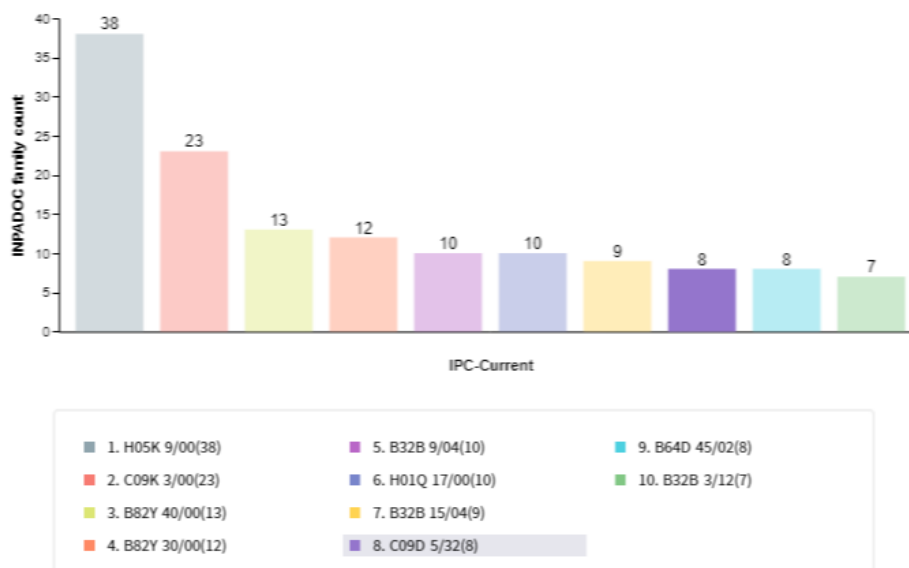
İlk olarak "Espacenet", "Derwent Innovation Tool" ve "Google patent" patent arama araçları kullanılarak anahtar kelimeler aracılığı ile patentler ve bulunan patentlerin ait olduğu patent sınıfları saptanmıştır. Araştırma sırasında kullanılan kelime ve sınıf kombinasyonları Tablo-1 'de gösterilmektedir.

**Tablo 2.** Araştırma içerisinde sırasıyla kullanılan arama kombinasyonları

1	radar AND lightning AND (nanocomposite* OR nanomaterial* OR nanostructure* OR "nano material*" OR "nano particle*") AND (absorb* OR avoid*)
2	nftxt any "radar" AND nftxt any "absorb* avoid*" AND nftxt any "nano*" AND nftxt any "lightning"
3	H05K9 OR H1Q17 OR C09 AND (pa any BOEING OR pa any LOCKHEED OR pa any AIRBUS OR pa any US NAVY OR pa any NANOSTRUCTURED OR pa any BAE OR pa any AIR FORCE) AND nano* AND (shield* OR electromagnetic* OR electro* OR EMI)
4	(electromagnetic* OR electro NEAR! Magnetic OR electrp NEAR radiation OR magnetic NEAR radiation or EMI) AND (nano*) AND (aircraft OR aerospace OR aeronautic OR airplane)
5	(electromagnetic* OR electro NEAR! Magnetic OR electrp NEAR radiation OR magnetic NEAR radiation or EMI) AND (nano*) AND (aircraft OR aerospace OR aeronautic OR airplane) + firma filtresi
6	(electromagnetic* OR electro NEAR! Magnetic OR electrp NEAR radiation OR magnetic NEAR radiation or EMI) AND (nano*) AND (aircraft OR aerospace OR aeronautic OR airplane) AND CTB= (absorb* OR consum*)
7	electromagnetic* OR electro NEAR! Magnetic OR electrp NEAR radiation OR magnetic NEAR radiation or EMI) AND (nano*) AND (aircraft OR aerospace OR aeronautic OR airplane) AND CTB= (absorb* OR consum*) + firma filtresi

Elde edilen patent başvurular içerisinde tekniğin bilinen durumu, buluşun amacı, buluşun özeti ve ilk koruma kapsamı incelenmiştir. Bu inceleme sonucu konu ile ilgisi olmayan veya farklı sektörlerde ait olan patentler analiz dışı tutulmuştur.

## BULGULAR ve TARTIŞMA



Şekil 16. IPC Sınıfları

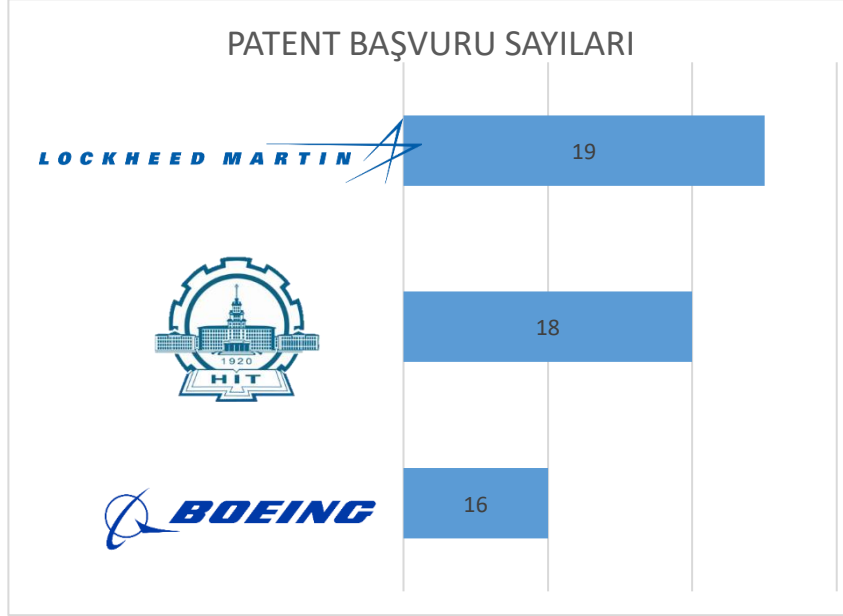
Patent veri tabanı analizi sonucunda elde edilen patentlerin dâhil olduğu Uluslararası Patent Kategorisi (IPC) sınıf dağılımları Şekil 1’de verilmiştir. Sınıfların tanımlamaları ise Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Patent Kategorileri

Class Code	Class Definition
B32B15/04	LAYERED PRODUCTS PRODUCTS BUILT-UP OF STRATA OF FLAT OR NON-FLAT, e.g. CELLULAR OR HONEYCOMB, FORM •comprising metal as the main or only constituent of a layer, which is next to another layer of the same or of a different material (B32B17/061 and B32B23/042 take precedence; next to a bituminous or tarry layer B32B11/08; next to a water-setting substance layer B32B13/06)
B32B2260/00	Impregnation or embedding of a layer; Bonding a fibrous, filamentary or particulate layer by using a binder
B32B3/00	Layered products comprising a layer with external or internal discontinuities or unevennesses, or a layer of non-planar form (fibrous or filamentary layer B32B5/02; particulate layer B32B5/16; foamed layer B32B5/18); Layered products having particular features of form (receptacles or tubular products B32B1/00)
B32B3/10	• characterised by a discontinuous layer, i.e. formed of separate pieces of material
B32B3/12	•• characterised by a layer of regularly- arranged cells, e.g. a honeycomb structure
B32B9/00	Layered products comprising a particular substance not covered by groups B32B11/00 - B32B29/00
B32B9/04	• comprising such particular substance as the main or only constituent of a layer, which is next to another layer of the same or of a different material (B32B17/06 takes precedence; layered products with at least two ceramic layers composed mainly of ceramic B32B18/00)
B64	AIRCRAFT; AVIATION; COSMONAUTICS
B64D	EQUIPMENT FOR FITTING IN OR TO AIRCRAFT; FLYING SUITS; PARACHUTES; ARRANGEMENTS OR MOUNTING OF POWER PLANTS OR PROPULSION TRANSMISSIONS IN AIRCRAFT
B64D45/00	Aircraft indicators or protectors not otherwise provided for (camouflage F41H3/00)
B64D45/02	• Lightning protectors; Static dischargers (in general H01T)
B82	NANOTECHNOLOGY
B82Y	SPECIFIC USES OR APPLICATIONS OF NANOSTRUCTURES; MEASUREMENT OR ANALYSIS OF NANOSTRUCTURES; MANUFACTURE OR TREATMENT OF NANOSTRUCTURES
B82Y30/00	Nanotechnology for materials or surface science, e.g. nanocomposites
B82Y40/00	Manufacture or treatment of nanostructures
C09	DYES; PAINTS; POLISHES; NATURAL RESINS; ADHESIVES; COMPOSITIONS NOT OTHERWISE PROVIDED FOR; APPLICATIONS OF MATERIALS NOT OTHERWISE PROVIDED FOR
C09D5/00	Coating compositions, e.g. paints, varnishes or lacquers, characterised by their physical nature or the effects produced; Filling pastes
C09D5/32	• Radiation-absorbing paints
C09K	MATERIALS FOR MISCELLANEOUS APPLICATIONS, NOT PROVIDED FOR ELSEWHERE
C09K3/00	Materials not provided for elsewhere

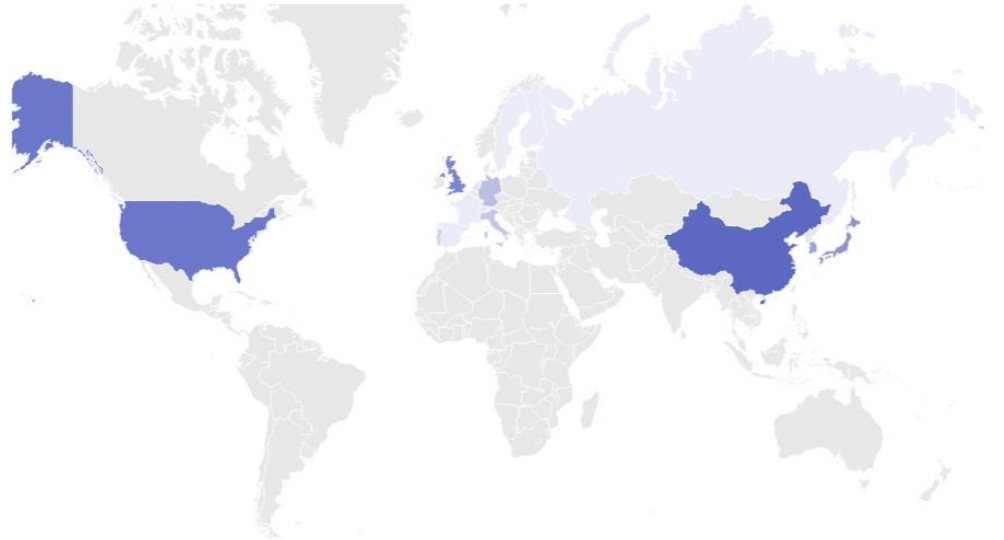
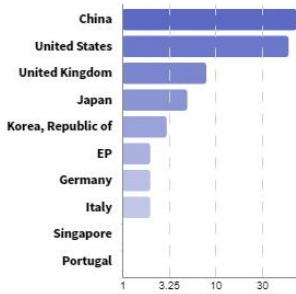
Class Code	Class Definition
H01Q17/00	Devices for absorbing waves radiated from an antenna; Combinations of such devices with active antenna elements or systems
H05K9/00	Screening of apparatus or components against electric or magnetic fields (devices for absorbing radiation from an antenna)

Şekil 2’de en çok patent başvurusu olan ilk üç firmaya ulaşılabilir. **Lockheed Martin** firması nano malzeme katkılı elektromanyetik dalga absorbe edici ve yıldırımdan koruyucu tasarım amacını içeren buluşlar ile ilgili toplam on dokuz başvuruya sahiptir. Dolayısıyla, bahsi geçen alanda en çok çalışması bulunan ve ilerleme kaydeden kurumun **Lockheed Martin** firması olduğu patent veri tabanı analizi ile yorumlanabilmektedir.



Şekil 17. Elde edilen patentler içerisinde en yüksek başvuru sayısına sahip olan ilk üç firma

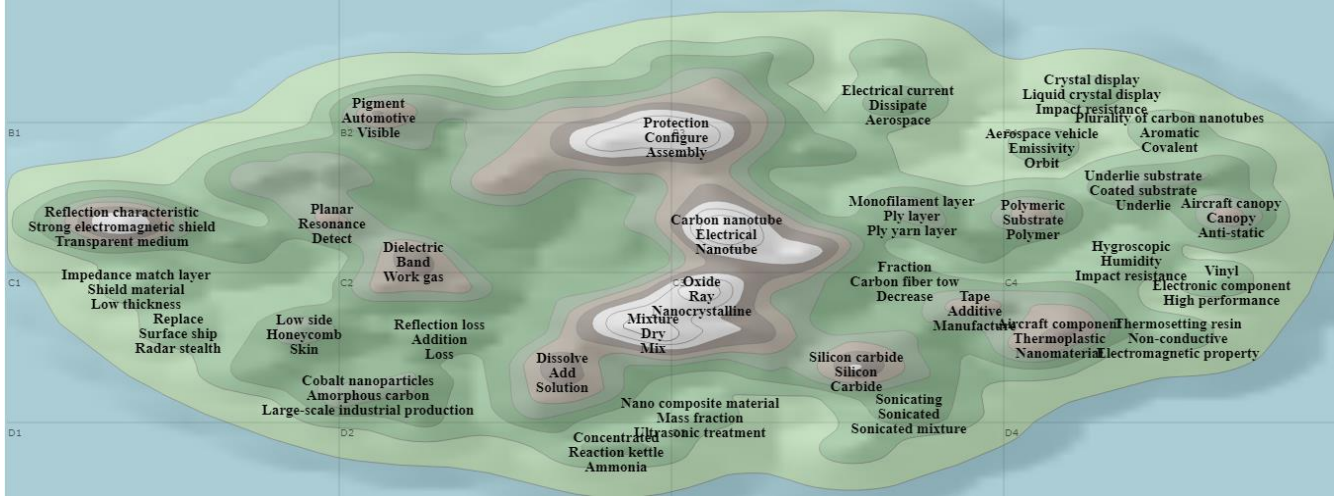
Legend



Şekil 18. Patent Başvurusu Dağılımının Dünya Haritası Üzerinde Gösterimi

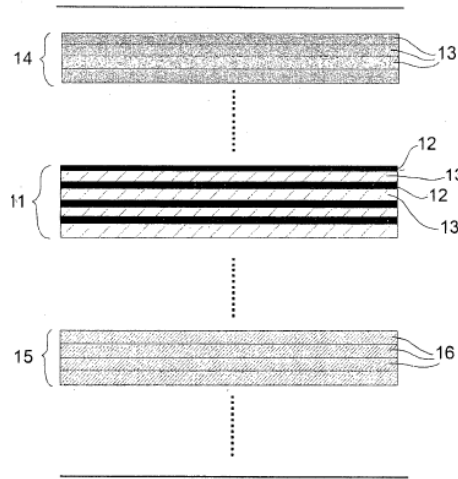
Şekil 3’te ise Dünya genelinde nano malzeme katkılı radar dalgalarından absorbe edici ve yıldırım çarpmasına karşı koruma özelliği bulunan buluşların dünya haritası üzerindeki genel dağılımı verilmektedir. Patent veri

tabanı analizi ile elde edilen elde edilen patentler kullanılarak DERWENT Innovation Tool aracılığıyla Şekil-4'te verilen topografik harita hazırlanmıştır. Topografik harita içerisinde yapay zeka algoritması ile patentler arasındaki ilişki baz alınarak patentler içerisinde en sık geçen kelimelerin sıklığı gösterilmektedir. Buna göre; “reflection characteristic strong electromagnetic shield, carbon nanotube, electrical nanotube, protection configure assembly, Dry mixture” terimleri elde edilen patentler içerisinde en sık kullanılan kelimeler olarak saptanmıştır.



Şekil 19. Patent Topografik Haritası

2018 yılında rüçhanı alınan **WO2019167009A1** numaralı patent grafen nano plakalara sahip polimer matris kompozit malzemeden yapılmış, hava araçları için çok katmanlı radar emici laminat ve üretim yönteminden bahsetmekte olup, tespit edilen patentler arasından örnek olarak sunulabilir.

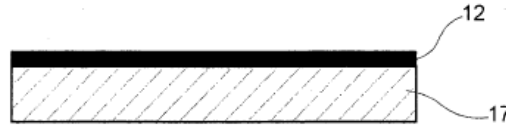


Şekil 20. Mevcut buluşa göre imal edilmiş bir bileşenin genelleştirilmiş bir yerleşiminin (lay-up) enine kesitinin şematik görünümü

Patent başvurusu grafen nano plateletler içeren polimerik matrisli kompozit malzemeden imal edilmiş, hava araçlarında kullanıma uygun çok katmanlı radar emici laminat bir bileşenden bahsetmektedir. Laminat bileşeni ardı ardına sıralanmış üç ayrı bloktan meydana gelmektedir.

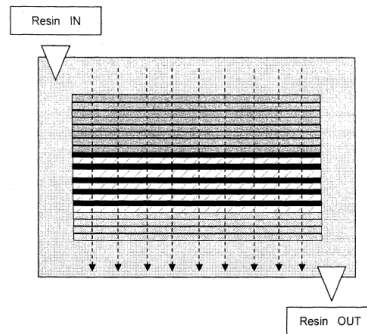
- İç tarafta kullanılmak üzere yer alan **ilk blok** elektriksel olarak iletken ve -1 dB'den daha büyük bir elektromanyetik radyasyon yansıtma katsayısına sahiptir.
- **İkinci ara blok**, elektromanyetik radyasyonu emme özelliğine sahiptir. Blok içerisinde elektriksel iletkenliğe sahip olmayan elyaf tabakalar yer almaktadır, bahsi geçen her bir elyaf tabakaya kısmi olarak grafen temelli nano plateletler nüfus ettirilmiştir. Bunun amacı periyodik düzene sahip ve elektromanyetik olarak alt rezonant (subrezonant) tabakalar elde etmektir. Bu durumda, iletken olmayan tabakaların yerini grafen nanoplateletleri içeren elektriksel iletken tabakalar almaktadır.

- Kullanım sırasında dışarıya doğru düzenlenen ve hava aracının dış yüzeyinin bir parçasını oluşturacak olan, elektriksel iletkenliği olmayan bir **üçüncü blok** yer almaktadır.
- İkinci ara bloğu üretmek için gerçekleştirilen üretim süreci aşağıdaki adımları içermektedir:
- a) İkinci bloğun üretim aşamasında kullanılan grafen nanoplateletlerin kalınlığı 2nm ila 100 nm arasında değişebilmektedir ve yanal uzunluğu 100 nm ila 10 mikron arasındadır.
  - b) Grafen nanoplateletlerin bir çözücü ve polimerden oluşan seyreltilmiş polimerik karışım içinde (dispersion) çözeltisi oluşturulmaktadır. Böylece polimerik karışımda grafen nano platelet süspansiyonu elde edilmektedir.
  - c) Bahsi geçen süspansiyon, elektriksel iletkenliği olmayan kuru elyaf tabakalarının bir veya her iki karşıt tarafına kontrollü olarak püskürtülür (air spraying, aerosol) nüfus ettirilir ve kaplama gerçekleştirilmektedir.
  - d) Süspansiyonun püskürtüldüğü çok sayıda kuru elyaf tabakasının üst üste binmesiyle ikinci bloğun oluşturulması ikinci bloğu oluşturma metodunu aşağıdaki adımlar takip etmektedir:
    - a. Birinci, ikinci ve üçüncü blokları içeren serme işleminin gerçekleştirilmesi;
    - b. Serilmiş,- tabakalara polimerleştirilmemiş termoset sentetik reçinenin infüzyonu
    - c. Termoset reçinenin polimerizasyonuna ve nano plateletlerin ikinci ara bloğu içeren elyaf tabakalarında uygun kalınlık, homojen ve uniform dağılımına olanak sağlamak için ısı ve gerekirse basınç uygulanmaktadır.



**Şekil 21.** Grafen nano plakaları içeren çözeltinin, yerleştirmede reçinenin infüzyonundan önce (birinci düzenleme) veya ön emprenye yönteminden önce tek bir kuru elyaf tabakası (üçüncü düzenleme) üzerine bırakılmasıyla ilgili detaylı enine kesit olarak gösterimi

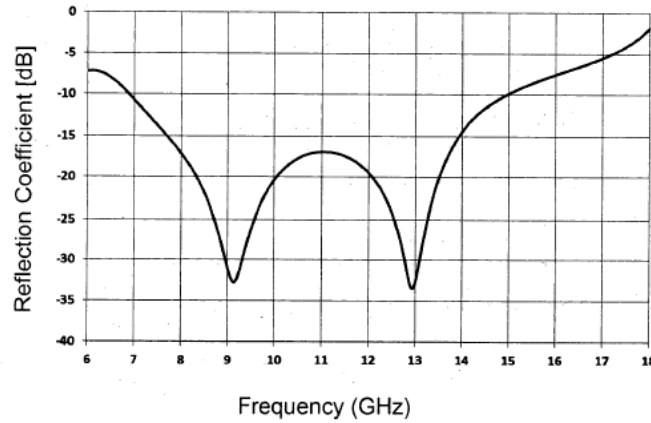
**İkinci blok** içerisinde, grafen nano plateletlerle işlemde geçirilen elyaf katmanları arasında yerleştirilecek, işlemde geçirilmemiş (kaplama yapılmamış) kuru elyaf tabakalarının sayısı, radar emici performansının gerekli olduğu frekans bandının merkez frekans değeri ile ters orantılıdır. **Üçüncü blok**, empedans adaptörü, tüm bileşenin yansıma katsayısını en az indirerek tasarım özelliklerine göre elektromanyetik emme bandını genişleterek belirlenen şekilde kalınlıkta dağılmayan bir malzeme tabakasından yapılır. **Üçüncü blok**, bir uçağa monte edilmiş durumda en dış veya yüzeyel ve açık pozisyonda olan bloktur. **İkinci blok** aradadır, **ilk blok** ise uçak en iç konumunda yer almaktadır.



**Şekil 22.** Reçine infüzyon işleminin şematik gösterimi

- Buluş çok katmanlı bir laminat olup, ikinci bloğun üretimi sırasında, grafen nano plateletlerin yer aldığı süspansiyonun püskürtüldüğü kuru elyaf tabakaları bir veya daha fazla süspansiyon püskürtülmemiş (kalıplama gerçekleştirilmemiş) ve elektriksel iletkenliği bulunmayan kuru fiber tabakaları ile serpiştirilmektedir.
- Grafen nano plateletler fiber tabakalar üzerine metre kare başına 0.5 g/m<sup>2</sup> ila 10g/m<sup>2</sup> arasındaki değerlere göre dağıtılmaktadır.
- Grafen nano plateletler, 5 ila 150 mikron arasında bir penetrasyon kalınlığına sahip olmakta ve kuru elyaf tabakasının kalınlığının yarsını geçmemek üzere her bir elyaf tabakasının fiberleri arasında kontrollü ve üniform bir şekilde nüfuz ettirilmektedirler.
- Elyaf tabakaların her biri 150 ile 300 pm arasında bir kalınlığa sahip olmaktadır.

- Püskürtme aşamasına, reçine/grafen nanoplatelet kompozit süspansiyonu, fiber tabakasının yüzeyinde 10 ila 200 mikron arasında bir kalınlığa sahip bir kaplama oluşturmaktadır.
- Elektriksel iletkenliği olmayan kuru fiber tabakalarının filamentleri  $10^4$  ohms\*cm'den daha büyük bir elektrik direncine sahiptir.
- Kuru fiber tabakaları, cam elyaf, kevlar elyaf, polyester elyaf, polietilen elyaflardan oluşan gruptan seçilmiştir.
- İçerisinde Sıvı/Çözücü polimer bulunan çözeltinin sıvı/çözücü hacim oranı %1 ile %5 arasındadır.
- Grafen nanoplateletlerin polimerik karışımdaki dispersiyonu, darbeli çevrim sonotrot (pulsed cycle sonotrode) ile gerçekleştirilen sonikasyon sağlanmaktadır.
- Karışımda kullanılan polimer, üç bloktan oluşan nihai bileşenin müteakip üretim süreci için kullanılan polimer ile aynı tipte bir epoksi reçinesidir.
- Grafen nanoplateletler, bileşenin iç bölgesinde yer alan elyaf katmanlara nazaran dış bölgesinde yer alan elyaf katmanlara daha fazla yoğunlukta uygulanmaktadırlar.
- İlk blok, en az bir metalik tabaka; bir elyaf laminat ve en az bir yapısal metalik panelden oluşmaktadır.
- Üçüncü blok, grafen içermeyen ve elektriksel iletkenliği olmayan bir elyaf kompozit laminat içermektedir.



Şekil 23. Buluş içerisinde yer alan uygun metot ile üretilen olası bir malzemenin yansıma katsayısının ölçümü

## SONUÇ

Patent veri tabanı analizi yapılarak herhangi bir teknik alandaki eğilimleri izleyebilmek ve analiz edilebilmek mümkün olmaktadır. Ayrıca patent dokümanlarından buluşun dâhil olduğu teknik alan hakkında nitelikli bilgiler elde edilebilmektedir. Yapılan patent veri tabanı araştırması sonucunda, RAM ve yıldırım korunma uygulamaları üzerine gerçekleştirilen patent başvurularının büyük bir bölümünün Amerika Birleşik Devletleri ve Çin'de yer alan firma ve kurumlar tarafından yapıldığı görülmüştür. Bazı dokümanlar içerisinde kullanılan kaplama karışımlarının üretim yöntemi ve içerisindeki materyal yüzdesinin korunması amaçlanırken diğer dokümanlarda ise katmanlar arasındaki nano malzeme yapısının korunması amaçlandığı görülmektedir. Bununla birlikte RAM ve yıldırım korunma uygulamalarının belirli bir alanda yoğunlaşmadığı ve çeşitli farklı yaklaşım metodlarının bulunduğu görülmüştür. Konu hassas olduğu için alanla ilişkili kelimelerin patent dokümanlarının içinde yer almaması bir yazım stratejisi olarak ele alınmış olabilir. Bu bildiride sunulan çalışmayı ileriye taşımak için farklı patent araştırma stratejileri kullanılarak yoğunlaşılacak teknoloji alanlarının tespit edilmesi değerlendirilebilir.

## TEŞEKKÜR

İlk önce beni büyüten ve bugünlere gelmemi sağlayan Anneme, bana bu fırsatı sunan ve bildirim yazılmasına destek olan şefim Kasım Peker'e, bana desteğini asla esirgemeyen ve beni sürekli motive eden değerli iş arkadaşım Ercan Onur Sever ve bütün ekip arkadaşlarıma, son olarak bu güzel aileye ev sahipliği yapan ve bana destek olan değerli şirketim TUSAŞ'a teşekkürlerimi sunarım.



## KAYNAKLAR

- Gou, J., Tang, Y., Liang, F., Zhao, Z., Firsich, D., & Fielding, J. (2010). Carbon nanofiber paper for lightning strike protection of composite materials. *Composites Part B: Engineering*, 41(2), 192-198. doi:10.1016/j.compositesb.2009.06.009
- Mouritz, A. P. (2012). 13 - Polymers for aerospace structures. In *Introduction to aerospace materials*. Cambridge: Woodhead.

## Effect of formulation and process parameters on quality characteristics of rice bread

Sezin Tuta Şimşek (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8712-4115>)

Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Food Engineering Department, Çankırı, Turkey.

Corresponding author e-mail: sezintuta@karatekin.edu.tr

### Abstract

The consumption of rice-based bakery products leads to increase due to their hypoallergenic and non-gluten properties. Rice bread has technological drawbacks such as harder and crumbling internal structure, lighter color and lower volume compared to wheat bread. Different physicochemical properties of rice flour cause changes in the final rice bread properties. In this study, effect of the properties of some ingredients used in dough (water temperature, water, HPMC and dry yeast amounts) and process parameters (fermentation time, baking temperature and time) on rice bread was investigated. Factors affect the final product quality were experimentally investigated using Taguchi method. Number of experiments were performed using the L8 (2<sup>7</sup>) orthogonal array. The quality characteristics of gluten-free bread were chosen specific volume, firmness, total color change values. Statistical analyzes of these findings were performed by analysis of variance (ANOVA). Softer texture, greater volume and higher total color change values aimed to analyze improvement of technological properties of gluten-free bread. According to statistical analyzes, amount of water, HPMC, yeast and fermentation time provided softer texture by minimization of firmness of samples. It was observed that the amount of water and the fermentation time increased the specific volume; and the amount of yeast, fermentation time and baking time increased total color change. This study showed that improvement of quality characteristics of rice bread can be achieved by understanding the effect of technological parameters, hence more desired gluten-free products can be produced.

**Keywords:** Rice, gluten-free, quality, bread

### INTRODUCTION

Rice is frequently used in special diets due to its non-gluten, low sodium, protein, fat and fiber content properties and having easily digestible carbohydrates. Some people in the world cannot consume wheat products due to their gliadin content. Therefore, rice flour appears as a substitute for wheat flour for bakery products (Wu et al., 2019, Sivaramakrishnan et al., 2004). Bread is a food item of primary importance in meeting the nutritional needs of people all over the world, depending on economic and cultural habits. Wheat gluten is important in bread making, as it provides cohesive, elastic dough to hold the gas generated during fermentation. Lack of gluten in rice dough causes less cohesive and elastic dough can be named as liquid batter instead of dough. Thus, rice bread has technological drawbacks such as harder and crumbling internal structure, lower volume and poor color compared to wheat bread (Bender and Schönlechner, 2020; Naqash et al., 2017).

Rice bread production has some requirements to mimic viscoelastic structure of gluten in wheat bread such as hydrocolloid addition. Hydrocolloids are important also to set dough and textural properties of bread (Locke et al., 2019). Different hydrocolloids are added in the dough e.g. hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), locust bean gum, guar gum, starches and HPMC is widely used as a thickener for rice flour-based bread production due to lack of gluten (de la Hera et al. 2013; Marco and Rosell, 2008). Water amount and temperature are also important that affect technological properties of rice bread. McCarthy et al. (2005) studied about effects of water and HPMC amount on rice bread. Marco and Rosell (2008) and Cornejo and Rosell (2015) were used boiling water in rice bread recipe. These studies focused on partial formulation parameters, in present study water amount, water temperature and HPMC amount were analyzed with the yeast amount, fermentation temperature and baking temperature and time. To understand these seven parameters effects on quality parameters of rice bread, experimental design methods were used. Unlike classical methods, experimental design methods are used to determine the effects of input on output. Thus, the experiments to be done are reduced as much as possible and it provides convenience in engineering studies to enhance performance and reliability without time consuming (Montgomery, 2013) Analysis of variance are used to understand effects of factors on responses. In the light of these information, objective of this study is investigation of effect of the properties of some ingredients used in dough (water temperature, water, HPMC

and dry yeast amounts) and process parameters (fermentation time, baking temperature and time) on rice bread using experimental design methods.

## MATERIALS AND METHODS

### Preparation of Rice Bread

Rice bread formulation had rice flour (Ege, Gluten-free rice flour, Turkey), dry yeast (Dr. Oetker, Turkiye), sugar, salt, HPMC (Sigma) and vegetable oil. In this study, the amounts of rice flour (100 g), sugar (8 g), salt (1.8 g) and oil (6 g) were kept constant. The amounts of dry yeast, HPMC, water and water temperature with fermentation time, baking time and temperature were analyzed how those factors affect final product quality.

### Experimental Design

The design of experiments was conducted using Taguchi method by L8 (2<sup>7</sup>) orthogonal array. Factors and their levels were shown in Table 1. According to factors some modifications were performed for dough preparation. Two different methods have been examined according to the temperature of the water used in the production of rice bread. If the water temperature is 25°C, firstly dry ingredients (rice flour, sugar, salt) and then other ingredients were added. When boiling water (written as 100°C in experimental design) was used, 50 g of rice flour was mixed with half the amount of water to be used and mixed at stage 4 for 2 minutes. After the dough temperature dropped to 25°C, other ingredients were added (Cornejo and Rosell, 2015). For both methods, mixing was carried out at increasing speeds at stage 4 for 2min, stage 6 for 1 min and stage 8 for 1 min by stand mixer after all ingredients were added. Experimental design was depicted on Table 2.

Table 1. Factors and their levels

Factors	Levels	
Amount of water ( $m_{\text{water}}$ , g)	90	110
Water temperature ( $T_{\text{water}}$ , °C)	25	100
Amount of HPMC ( $m_{\text{HPMC}}$ , g)	0.5	1
Amount of dry yeast ( $m_{\text{dryyeast}}$ , g)	1	3
Fermentation time ( $t_{\text{ferm}}$ , min)	35	45
Baking temperature ( $T_{\text{baking}}$ , °C)	180	190
Baking time ( $t_{\text{baking}}$ , min)	30	40

Table 2. Experimental design

Factors Codes	$m_{\text{water}}$ (g)	$T_{\text{water}}$ (°C)	$m_{\text{dry yeast}}$ (g)	$m_{\text{HPMC}}$ (g)	$t_{\text{ferm}}$ (min)	$T_{\text{baking}}$ (°C)	$t_{\text{baking}}$ (min)
RB-1	90	25	1.0	0.5	35	180	30
RB-2	90	25	1.0	1.0	45	190	40
RB-3	110	25	3.0	0.5	35	190	30
RB-4	110	25	3.0	0.5	45	180	40
RB-5	110	100	1.0	1.0	35	180	40
RB-6	90	100	3.0	1.0	45	180	30
RB-7	110	100	1.0	0.5	45	190	30
RB-8	90	100	3.0	0.5	35	190	40

### Quality Parameters of Rice Bread

Texture, color and volume changes of rice bread were responses and determined for all experimental design parameters. Texture analyzes were performed according to AACC method 74-09 (2000). Texture analyzer (TA-XT2i, Stable Micro Systems Ltd., Surrey, UK) equipped with P/36 probe was used. Firmness values of bread samples were obtained from force-time curve in which the maximum force value was firmness.

Volume of bread samples was determined according to AACC method 10-05.01 (1998) by rapeseed displacement method. Specific volume was calculated by the ratio of bread volume to mass of bread.

Color determination was done using Lovibond tintometer to detect  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of bread samples.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of rice bread crust were measured at different five points. According to these values total color change

was calculated (Eq 1).  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  values of the rice bread dough were named as  $L_0^*$ ,  $a_0^*$  and  $b_0^*$  values, which were  $L_0^* = 86.41$ ,  $a_0^* = -0.54$ ,  $b_0^* = 9.46$ .

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (1)$$

### Statistical analysis

Experimental design and analysis of variance were done in the MINITAB® program. Experimental design was carried out using the Taguchi with the L8 (2<sup>7</sup>) orthogonal array. Analysis of variance (ANOVA) was performed with 95% confidence interval. Experiments were done duplicate.

### RESULTS and DISCUSSION

Specific volume, firmness and total color change values of rice bread samples are shown in Table 3. To analyze effects of factors on bread quality parameters were detected by variance of analysis and each factor regarding rice bread quality criteria was analyzed statistically (Table 4). Variance analysis was used to determine whether the effect of factor effects on the responses was statistically significant. As is well known, p values less than 0.05 indicate that these factors have an effect on the response. On the other hand, factors with p values greater than 0.05 are found as ineffective on the response.

Table 3. Quality parameters of rice bread samples

	Specific volume (mL/g)	Firmness (g)	ΔE
RB-1	1.32	2519.3	9.4
RB-2	1.25	3105.5	14.0
RB-3	1.86	629.3	14.1
RB-4	2.17	299.9	26.2
RB-5	1.44	1597.0	12.3
RB-6	1.36	2966.5	13.9
RB-7	1.56	3739.8	11.9
RB-8	1.25	5206.9	17.5

The water amount and temperature, yeast amount, fermentation time, baking temperature were influenced specific volume of rice bread samples significantly ( $p < 0.05$ ). The effects of water amount, yeast amount and fermentation temperature on specific volume were synergistic; water temperature and oven temperature were antagonistic. HPMC amount and baking time effects specific volume insignificantly ( $p > 0.05$ ). The effects of water amount and temperature, HPMC amount, fermentation time, baking temperature and time on firmness values were statistically significant ( $p < 0.05$ ). Among these effects, water, HPMC amount, fermentation time had antagonistic; water temperature, baking temperature and baking time had synergistic effects. The effect of yeast amount on firmness value was statistically insignificant. The amount of water and water temperature, yeast amount, HPMC amount, fermentation time and baking time were affected the total color change significantly ( $p < 0.05$ ). Water amount, yeast amount, fermentation time and baking time were synergistically affected the total color change and the water temperature, HPMC amount were affected antagonistically. Baking time had insignificant effect on total color change of rice bread.

The aim of this study is to improve the quality characteristics of bread with the changes to be made in the formulation. This can be understood by high specific volume, low firmness and high ΔE values of rice bread samples. According to Table 4, these three desired properties could be achieved by increasing water amount and fermentation duration; increasing water temperature and baking temperature caused the opposite of what was desired in these 3 properties. Accordingly, the desired rice bread characteristics can be obtained by increasing the amount of water and fermentation time with the use of water at room temperature and low baking temperature. Gluten that is not found in the rice flour is eliminated using HPMC and that improves gas retention and water absorption capability (McCarthy et al. 2005). The effect of HPMC on the quality characteristics of rice bread analyzed in this study was observed less than the effect of the amount of water. Especially its effect on specific volume was antagonistic. Similarly, McCarthy et al. (2005) evaluated the effect of HPMC and water amount on rice bread and reported that the change in the amount of water was more effective than HPMC addition. Rice bread images are depicted in Figure 1. The effects of factors on the

structural properties of bread samples can be observed clearly. Desired rice bread parameters were observed at RB-4 levels and the crumb of RB-4 samples had high porosity compared to other bread crumb samples as seen in Figure 1. Thus, softer bread samples were obtained at RB-4 levels (Table 2).

Table 4. Results of analysis of variance

Factors	Specific volume		Firmness		$\Delta E$	
	T*	p**	T*	p**	T*	p**
m <sub>water</sub>	17.54	0.000	-34.67	0.000	3.01	0.017
T <sub>water</sub>	-9.77	0.000	16.07	0.000	-2.53	0.035
m <sub>HPMC</sub>	-2.06	0.073	-4.17	0.003	-3.41	0.009
m <sub>dryyeast</sub>	10.46	0.000	1.61	0.145	7.53	0.000
t <sub>ferm</sub>	3.56	0.007	-7.98	0.000	4.00	0.004
T <sub>baking</sub>	-3.52	0.008	10.62	0.000	-1.39	0.202
t <sub>baking</sub>	-0.54	0.602	9.79	0.000	6.46	0.000

\* Negative T value shows antagonistic effect and positive T value shows synergistic effect.

\*\* p value smaller than 0.05 shows statistical difference is meaningful.

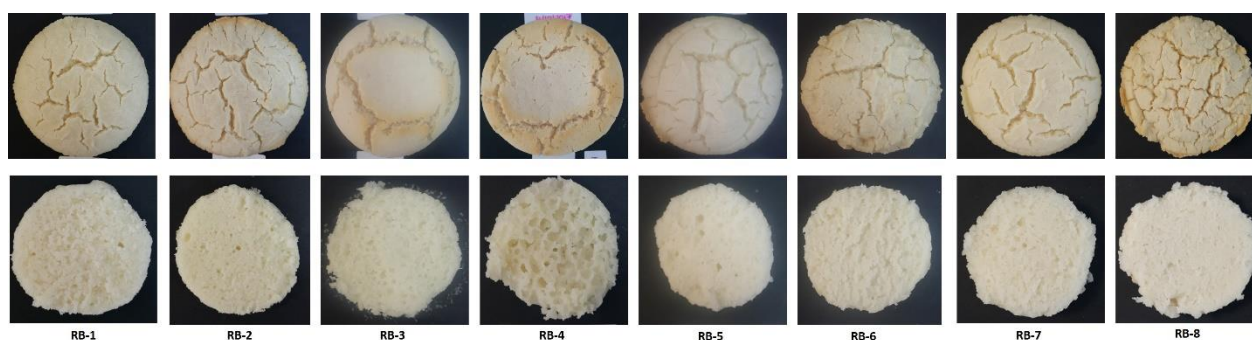


Figure 1. Overall and internal images of rice bread samples

## CONCLUSION

In this study, some ingredient levels and technological parameters were investigated regarding their effects on rice bread quality parameters. Softer texture with high specific volume and total color change, which was important to overcome drawbacks of rice bread, were obtained by increasing water amount, fermentation duration; and decreasing water temperature and baking temperature. RB-4 coded rice bread had these desired parameters. The improvement of quality characteristics of rice bread can be achieved by understanding the effect of technological parameters, hence more desired gluten-free products can be produced. Analyzing the ingredient parameters and technological parameters used in bread production together would also be useful to evaluate which parameters will affect the final product properties when different flour types are used. In future studies, all the ingredients and process parameters will be analyzed to produce optimum rice bread samples.

## REFERENCES

- American Association of Cereal Chemists 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 10th ed. St. Paul, MN: American Association of Cereal Chemists.
- AACC 1998. AACC Method (10-05. 01): Guidelines for Measurement of Volume by Rapeseed Displacement. American Association of Cereal Chemists, St. Paul.
- Bender D, Schönlechner R 2020. Innovative approaches towards improved gluten-free bread properties. *Journal of Cereal Science*, 91, 102904.
- Cornejo F, Rosell CM 2015. Physicochemical properties of long rice grain varieties in relation to gluten free bread quality. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1203-1210.
- de la Hera E, Martinez M, Gómez M 2013. Influence of flour particle size on quality of gluten-free rice bread. *LWT-Food Science and Technology*, 54(1), 199-206.
- Locke JEC, González LC, Loubes MA, Tolaba MP 2019. Optimization of rice bread formulation by mixture design and relationship of bread quality to flour and dough attributes. *LWT*, 113, 108299.
- Marco C, Rosell CM 2008. Breadmaking performance of protein enriched, gluten-free breads. *European Food Research and Technology*, 227(4), 1205-1213.

- McCarthy DF, Gallagher E, Gormley TR, Schober TJ, Arendt EK 2005. Application of response surface methodology in the development of gluten-free bread. *Cereal chemistry*, 82(5), 609-615.
- Montgomery DC 2013. *Design and Analysis of Experiments* New Jersey: John Wiley & Sons, Inc. pp.8.
- Naqash F, Gani A, Gani A, Masoodi FA 2017. Gluten-free baking: Combating the challenges-A review. *Trends in Food Science & Technology*, 66, 98-107.
- Sivaramakrishnan HP, Senge B, Chattopadhyay PK 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering*, 62(1), 37-45.
- Wu ., Wang L, Li Y, Qian H, Liu L, Tong L, ... & Zhou S 2019. Effect of milling methods on the properties of rice flour and gluten-free rice bread. *LWT*, 108, 137-144.

## The evaluation of delirium developing in patients in a chest diseases hospital

Derya Yenibertiz (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1783-4015>)

Health Sciences of University Kecioren Training and Research Hospital, Ankara, Turkey

Corresponding author e-mail: [yenibertizderya@gmail.com](mailto:yenibertizderya@gmail.com)

### Abstract

Delirium is an acute confusional situation with widespread cognitive impairment and it can increase the risk of mortality during hospitalization and after discharge. In this study, it was planned to evaluate the delirium developing in patients hospitalized in a chest diseases hospital. A total of 373 patients hospitalized in a chest diseases hospital due to various lung diseases between January 2013 and January 2020 were included to the study. Age, gender, comorbidities, length of hospital stay and additional psychiatric diagnoses were recorded from the patient files. The death dates of the patients were taken from the death notification system, the life spans of the patients until a specified date were calculated and 3-6-12 monthly death rates were recorded. The mean age of the 373 patients was  $71,72 \pm 23,45$ . 72,9 % of the patients were male. The average duration of hospital stay was  $19,81 \pm 17,33$ . The mean survival time of the patients was  $239,20 \pm 468,49$ . The diagnosis of the 32,4% of the hospitalized patients was chronic obstructive pulmonary disease, %41,2 of them was lung cancer, %36,7 of them was pneumonia. Brain metastasis was present in 46 of the lung cancer patients. It was determined that in the first 1 month 181 (48,5%) patients died, in the first 3 months 233 (62,4%) patients died, in the first 6 months 258 (69,1%) patients died, in the first 12 months 274(% 73,4) patients died. Delirium mostly develops in male patients hospitalized for lung diseases and it can be said that delirium reduces the survival.

**Keywords:** Delirium, mortality, lung diseases

### INTRODUCTION

Delirium is an acute confusional situation with widespread cognitive impairment and it can increase the risk of mortality and morbidity during hospitalization and after discharge. It is extremely common in hospitalized elderly patients. Although its high prevalence, it often remains unrecognized. Delirium has usually multifactorial reasons and diagnostic evaluation should be based on patient's history and physical examination. Cognitive impairment is an important risk factor for delirium (1).

Despite delirium is mostly preventable, it can also be a life-threatening condition. Differential diagnosis of delirium include stroke, central nervous system infection, metabolic diseases, disturbances in electrolytes as well as Wernicke encephalopathy and psychiatric diseases. Treatment should be initiated rapidly and includes multicomponent non-pharmacological interventions and specific pharmacological treatments (2).

In this study, it was planned to evaluate the delirium developing in patients hospitalized in a chest diseases hospital.

### MATERIAL-METHOD

A total of 373 patients hospitalized in a chest diseases hospital due to various lung diseases between January 2013 and January 2020 were included to the study. Age, gender, comorbidities, length of hospital stay and additional psychiatric diagnoses were recorded from the patient files. The death dates of the patients were taken from the death notification system, the life spans of the patients until a specified date were calculated and 3-6-12 monthly death rates were recorded.

### RESULTS

The mean age of the 373 patients was  $71,72 \pm 23,45$ . 72,9 % of the patients were male. The average duration of hospital stay was  $19,81 \pm 17,33$ . The mean survival time of the patients was  $239,20 \pm 468,49$  day. The diagnosis of the 32,4% of the hospitalized patients was chronic obstructive pulmonary disease, 41,2 % of them was lung cancer, 36,7 % of them was pneumonia. Brain metastasis was present in 46 of the lung cancer patients. It was determined that in the first 1 month 181 (48,5%) patients died, in the first 3 months 233 (62,4%) patients died, in the first 6 months 258 (69,1%) patients died, in the first 12 months 274(73,4 %) patients died.

## **DISCUSSION**

In our study, it was determined that delirium cases developing in patients hospitalized in a chest diseases hospital are mostly elderly and male patients. Edward R. Marcantonio also stated in his study that delirium develops more in older age and male hospitalized patients (3). There are numerous studies demonstrating a relationship between delirium and mortality rates.

Delirium is widely understood to be associated with mortality, with an overall HR = 1.9 consistent across a number of studies identified in a systematic review of Witlox J and his colleagues (4).

We determined that 48,5% of the patients died in the first 1 month and 73,4 % of the patients died in the first 12 months in our study.

## **CONCLUSION**

Delirium mostly develops in male and elderly patients hospitalized for lung diseases and it can be said that delirium reduces the survival.

**Funding** No financial support for the research

**Conflict of interest** No potential conflicts of interest were disclosed.

## **REFERENCES**

1. Hshieh TT, Inouye SK, Oh ES. Delirium in the Elderly. *Psychiatr Clin North Am.* 2018 Mar;41(1):1-17.
2. Maschke M. *Dtsch Med Wochenschr.* Etiology and Treatment of Delirium. 2019 Jan;144(2):101-107. doi: 10.1055/s-0043-109380.
3. Marcantonio ER. Delirium in Hospitalized Older Adults. *N Engl J Med.* 2017 Oct 12;377(15):1456-1466.
4. Witlox J, Eurelings LS, de Jonghe JF, Kalisvaart KJ, Eikelenboom P, van Gool WA. Delirium in elderly patients and the risk of postdischarge mortality, institutionalization, and dementia: a meta-analysis. *JAMA.* 2010;304:443–451. doi: 10.1001/jama.2010.1013.



## Deve sütünün süttozu üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması

Selda Bulca (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7405-2872>)

University of Aydın Adnan Menderes, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Aydın,  
Turkey

Sorumlu yazar e-mail: sbulca@adu.edu.tr

### Özet

Deve sütü, proteinler, yağ asitleri, mineraller ve vitaminlerin benzersiz bir bileşime sahiptir. Proteinler açısından deve sütündeki metiyonin, valin, fenilalanin, arginin ve lösin aminoasitlerinin miktarı inek sütünden daha fazladır ve bu proteinler insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. Deve sütü,  $\beta$ -kazein ve  $\beta$ -laktoglobulin gibi alerjen proteinleri içermediğinden, inek sütüne alerjisi olanlar için deve sütü alternatif bir süt kaynağı olarak kullanılabilir.

Süt tozu, süt suyunun büyük bir kısmının çeşitli yöntemlerle uzaklaştırılması ve kalan konsantre kuru maddenin toz haline getirilmesi ile elde edilen besin değeri yüksek bir süt ürünüdür. Bu çalışmanın amacı, deve sütünün yeni bir kaynak olarak süt tozu üretiminde kullanılabilirliğini araştırmaktır.

Bu çalışmada deve sütü tozu üretimi üzerine yoğunlaşmıştır. Deve sütü tozunun bazı fonksiyonel özelliklerini inek sütü tozuyla karşılaştırmak için süttozu üretimi gerçekleştirilmiştir. Her iki sütün kurutulmasından önce separatörle yağ fazı ayrılmıştır. İnek sütünün yağı% 4,5'ten% 0,4'e, deve sütü yağı ise% 5,95'ten% 1,5'e düşürülmüştür. Daha sonra çıkış sıcaklığı 70°C ve giriş sıcaklığı 165°C olan spray kurutucuda süt örnekleri kurutulmuştur. İnek sütü ve deve sütü ile tozlarının fiziksel, kimyasal ve fonksiyonel özellikleri karşılaştırılmıştır. 1,7 litre deve sütünden 144,77 gram deve sütü tozu ve 2 litre inek sütünden 137,57 gram süt tozu elde edilmiştir. Daha yüksek yağ içeriği nedeniyle, deve sütünün toz verimi de inek sütünden daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, araştırılan fonksiyonel özelliklere göre deve sütünden üretilen süt tozunun kalitesi inek sütünden üretilen süt tozunun kalitesi ile eşdeğer olabileceğine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Deve sütü, inek sütü, süttozu, spray kurutma, fonksiyonel özellikler

### Investigations of the usability of camel milk in milk powder production

#### Abstract

Camel milk has a unique combination of proteins, fatty acids, minerals and vitamins. In terms of proteins, the amount of methionine, valine, phenylalanine, arginine and leucine aminoacids in camel milk is higher than that of cow's milk and these proteins have an important place in human diet. Since camel milk contains no allergen proteins such as  $\beta$ -casein and  $\beta$ -lactoglobulin, camel milk can be used as an alternative milk source for those allergic to cow's milk.

Milk powder is a milk product with a high nutritional value obtained by removing a large portion of milk water by various methods and powdering the remaining concentrated dry matter. The aim of this study was to investigate the usability of camel milk in the production of milk powder as a new source.

In the present study, it was focussed on the production of camel milk powder. To compare the some functional properties of camel milk powder with cow milk powder cow milk powder was produced. Before drying of both milks the fat phase was separated. The fat of cow's milk was reduced from 4.5% to 0.4% and camel's milk fat was reduced from 5.95% to 1.5%. Then milk samples were dried by using spray dryer with outlet temperature 65-70°C and inlet temperature 165°C. Physical, chemical and functional properties of cow milk and camel milk and their powders were compared. 144.77 gram camel milk powder was obtained from 1.7 liter camel milk and 137.57 gram milk powder was obtained from 2 liter cow milk. Due to the higher fat content the powder yield of camel milk was also higher than cow's milk. As a result, the quality of the milk produced from camel milk regarding the functional properties investigated may be equivalent to the quality of milk powder produced from cow's milk.

**Keywords:** Camel milk, Cow milk, Milk powder, Spray dryer, functional properties

## GİRİŞ

Günümüzde, ülkemizde deve yetiştiriciliğinin Çanakkale-Antalya arasında kalan kıyı bölgelerde birçok il ve ilçede yapılması, bunda deve güreşlerinin de etkili olması deve sayısında bir artışın olmasına yol açmıştır. Bu durum deve yetiştiriciliğinin yaygınlaşmasına olanak vererek deve sütü üretiminin de artmasını sağlamıştır.

İnek sütüyle karşılaştırıldığında deve sütü bileşiminde bazı farklılıkların olduğu görülmektedir. İlk olarak deve sütünün C vitamini miktarı inek sütüne oranla 3 kat daha fazla iken, bu özelliği itibarıyla deve sütü kurak ve yarı kurak bölgelerde meyve ya da sebzelerle C vitamini alımı oldukça kısıtlı olan toplumlar için önemli bir C vitamini kaynağıdır (Muehlhoff ve ark., 2013). Ayrıca deve sütü iyi bir demir kaynağıdır ve bebeklik döneminde hızlı büyümeyi destekleyebilir ve demir eksikliği anemisinin önlenmesine yardımcı olabilir. Deve sütünde inek sütünde bulunan  $\beta$ -kazein ve  $\beta$ -laktoglobulin ( $\beta$ -lg) gibi protein fraksiyonlarının çok az ya da hiç bulunmamasından dolayı, anne sütünde de  $\beta$ -lg protein fraksiyonunun bulunmaması bebeklerin beslenmesinde de alerjiye yol açmamakta ve kolayca metabolize edilebilmektedir (FAOSTAT, 2011). Deve sütünün bileşimi yaşa, coğrafi alana, laktasyon, mevcut beslenme koşulları, mevsimsel değişiklikler ve sağlık gibi birçok faktöre bağlıdır. Deve sütü ve ürünleri, tüm temel besin maddelerini içerdiklerinden, dünyanın birçok yerinde insan beslenmesinde önemli bir role sahiptir (Saygılı ve Karagözlü, 2017).

Deve sütünün yüksek oranda antimikrobiyal özelliklere sahip laktoferrin, laktoperoksidaz, lizozim ve immünooglobulinler gibi bileşenler içerdiği saptanmıştır (Elagamy, 2000). Bu maddelerin hastalık savunma mekanizmalarında önemli rol oynadığı belirtilmiştir. Bunlardan laktoferrinin, sahip olduğu özelliklerden dolayı antiviral, antibakteriyel ve antitümör etkileri vardır. Ayrıca koroner kalp hastalığını azaltmada yardımcı olur ve enfeksiyonlarda, tüberküloz, kanser ve mide-bağırsak yangıları vb. hastalıklarda iyileştirici özelliğe sahiptir (FAOSTAT, 2011; Park ve George, 2013; Mullaicharam, 2014). Bunların yanı sıra deve sütü ortalama olarak, inek sütünden daha fazla protein ve peynir altı suyu proteini içerir (Korish ve ark., 2015). Deve sütünün diğer bovine hayvan sütleriyle karşılaştırıldığında sağladığı yüksek besinsel özellikleri ve sağlık yararları deve sütünün önemini göstermektedir. Örneğin, deve sütünün hipokolestolemik, hipoglisemik, hipoalerjik, antimikrobiyal ve kan basıncı düzenleyici etkileri gösterdiği bildirilmektedir (Saygılı ve Karagözlü, 2017). Bütün bu sağlık açısından önemli özelliklere sahip olan deve sütünün teknolojik olarak peynir, fermente süt, yoğurt, dondurma ve tereyağı gibi süt ürünlerine işlenebilirliği, işlenmiş ürünlerin pazarlanması bazı ülkelerde yapılırken bazı ülkelerde ise eczanelerde satıldığı belirtilmiştir. Ancak deve sütü tozu üretimi hakkında yapılmış çalışmaların sayısının yok denecek kadar az olduğu rapor edilmiştir.

Süttozu, sütün suyunun tamamına yakın kısmını çeşitli yöntemlerle uzaklaştırılıp, geriye kalan kurumaddenin toz haline getirilmesiyle elde edilen bir süt ürünüdür. Süttozunun su oranı, %1,5 ve %5 arasında değişmektedir. Süttozu üretiminde kullanılan başlıca yöntemler valsli ve püskürtmeli kuruculardır. Valsli kurutucular çoğunlukla yağlı süttozlarının üretiminde kullanılmaktadır. Valsli kurutucuların avantajlarından biri kısmen düşük yatırım ve üretim maliyetine sahip olmasıdır. Bu yöntemde süt ince bir katman halinde içten ısıtılmış ve döner haldeki valslerin üzerine yayılarak bu yüzeyde kurutulması ve daha sonra kazınıp alınması prensibine dayanır (Barbosa-Canovas ve ark., 2005).

Püskürtmeli kurutucular günümüzde gıda sektöründe en çok tercih edilen yöntemdir. Bunun başlıca sebepleri ise, süt gibi ısıya duyarlı ürünlerin işlenmesinde en uygun yöntem olmasıdır. Diğer bir avantajı ise saatte 100 ton'a varan besleme kapasitesi diğer yöntemlere göre çok daha yüksek kapasitede çalışmasıdır (Demirci ve Şimşek, 1997). Süttozu üretiminin ilk aşaması olan evaporasyon işlemi, sütteki kuru madde miktarını % 25-50'ye kadar yükseltme işlemidir. Buradaki amaç kurutma sırasında uzaklaştırılacak suyu büyük oranda azaltmak ve kurutma kapasitesi, zamanı ve enerji gereksinimini azaltmaktır. Evaporasyon işlemi süttozu kalitesine etki etmektedir. Evapore süten üretilen tozlar daha az hava absorbe eden büyük toz partikülleri içerir ve daha uzun raf ömrüne sahiptir. Evaporasyon işlemi yapılmaksızın üretilen tozların kalitesi daha düşük olmaktadır. Püskürtmeli kurutma, çözeltiyi sıcak bir kurutma ortamına atomize ederek bir sıvı ham maddeyi kurutulmuş parçacıklara dönüştüren bir işlemdir. Atomizasyon, kurutma odasındaki çok kısa kalış süresinde suyu verimli bir şekilde buharlaştırabilen çok küçük damlacıklar üretir (Barbosa-Canovas ve ark., 2005)

Bunun yanında püskürterek kurutma yönteminin bazı dezavantajları da vardır. Püskürterek kurutulmuş tozun kalitesi, çıkış ve giriş havası sıcaklığı, besleme hızı, besleme konsantrasyonu, hava basıncı, viskozite, besleme çözeltisinin sıcaklığı vb. gibi birçok işleme parametresinden doğrudan etkilenir. Dahası, püskürterek kurutma yüksek yatırım maliyeti ve yüksek enerji tüketimi nedeniyle pahalı bir yöntem olarak kabul edilir (Ramos ve ark., 2019).

Deve sütünden süttozu üretimi konusunda yapılmış çalışmaların sayısı çok az olmasından dolayı ülkemizde üretilen deve sütünden süttozu üretimi yapılması hedeflenmiştir. Bundan dolayı bu çalışmanın amacı süttozu üretiminde yeni bir hammadde kaynağı olarak deve sütünün kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

## **MATERYAL VE METOD**

Bu çalışmada kullanılan tek hörgüçlü deve (*Camelus dromedarius*) cinsinin sütü Aydın'da bulunan Kaya Çiftliğinden elde edilmiştir. Deve sütünün temini sırasında bozulmasını önlemek için +7°C de tutulan steril buz dolu kaplar içerisinde laboratuvara taşınmıştır.

### **Çiğ deve ve inek sütünün pH değerlerinin belirlenmesi**

Çiğ deve ve inek sütü örneklerinin pH değerleri, sıcaklık sensörü olan bir dijital pH metre kullanılarak ölçülmüştür. (Model MW 102 pH / Sıcaklık Ölçer Milwaukee Instruments Inc. Rocky Mount, NC, ABD).

### **Çiğ deve ve inek sütünün kimyasal analizleri**

Analizlerde kullanılan deve ve inek sütü örnekleri hem yağlı hem yağsız sütler için paralel olacak şekilde 2'şer tekerrürlü olarak yapılmıştır.

### **Yağ tayini**

Deve ve inek sütlerinin yağ içeriği Gerber metodu kullanılarak belirlenmiştir (Öner ve Aloğlu, 2018).

### **Titrasyon Asitliği**

Bu analizde alınan çiğ inek ve deve sütü örnekleri fenolftalein eşliğinde 0,25N NaOH ile titre edilmiştir. Okunan sonuç laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Öner ve Aloğlu, 2018).

### **Protein tayini**

Bu analizde çiğ inek ve deve sütlerine Kjeldahl yöntemiyle protein tayini yapılmıştır (Metin, 2016).

### **Kuru madde tayini**

Bu analizde gravimetrik (standart) yöntem kullanılarak kuru madde tayini yapılmıştır (Öner ve Aloğlu, 2018).

### **Toplam kül miktarı tayini**

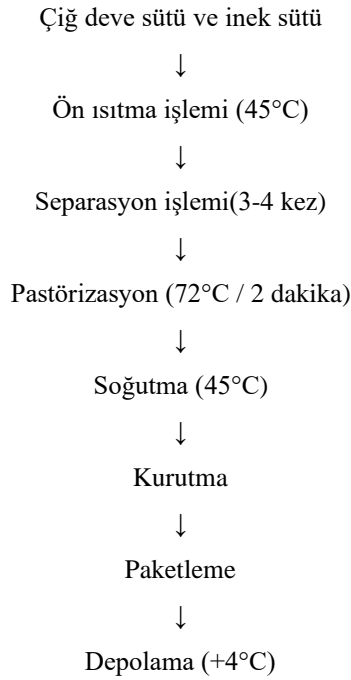
Analizde örnekler 550°C'de kül fırınında yakıldıktan sonra kalan külün ağırlığı üzerinden yapılmıştır (Öner ve Aloğlu, 2018)

### **Süt Yağının separasyonu**

Süttozu üretiminden önce deve ve inek sütü örnekleri verimli bir separasyon işlemi için 45°C'ye kadar ısıtılmıştır. Süt yağının efektif bir şekilde ayrımı için süt 3-4 defa separatörde sirküle edilmiştir.

### **Süt tozu Üretimi**

Giriş sıcaklığı 165°C ve çıkış sıcaklığı 70°C ye ayarlanmış püskürtmeli kurutucudan elde edilen süttozları steril vakumlu paketlere aktararak +4°C'de saklanmıştır. Süttozu üretim aşamaları Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Süt tozu üretim şeması

## Süttozunun fonksiyonel analizleri

### Çözünürlük

Bu analizde 1 g süttozu örneği 25 ml saf su içerisinde çözündürülmüş ve 3000 rpm hızda 5 dk boyunca karıştırılmıştır. Karışım ependorf tüpüne aktarılıp 5 dk boyunca 3000 rpm ile santrifüjlenmiştir. Üstte kalan sıvı petri kaplarına aktarılmıştır. Petriler önceden 105°C'ye ayarlanmış etüvde 5 saat kurutulmuştur. Ağırlık farklarıyla çözünürlük yüzdesi (çözünbilir toz ürün / total toz ürün) hesaplanmıştır (Bastioğlu ve ark., 2016).

### Islanabilirlik

Bu analizde 250 ml'lik behere 100 ml saf su koyulmuştur. 1g süttozu örneği beherden 10 cm yukarıdan olacak şekilde yavaşça saf suyun içerisine eklenmiştir. Toplam ıslanma süresi not edilmiştir. Bu analiz deve ve inek süttozlarında yapılmıştır (Bastioğlu ve ark., 2016).

### Kalıcı Köpük Tayini

2,5g süttozu 25ml saf suda rekonstitüe edildikten sonra bir mezur içine aktarılmıştır. Daha sonra 5°C sıcaklıkta 24 saat bekletilmiş ve 24 saat sonunda kalan köpük mezur üzerinden okunmuştur (Bastioğlu ve ark., 2016)

### Dağılılırılık

100 ml saf su beher içine konulmuş ve içerisine 2,5 g süttozu örneği tartılmıştır. Süttozu beher içerisine konulur konulmaz kronometre çalıştırılmış ve spatül ile 15 saniyede 25 dairesel hareket yapacak şekilde karıştırılmıştır. Süttozu tamamen çözündüğünde kronometre durdurulmuş ve geçen süre kaydedilmiştir (Bastioğlu ve ark., 2016).

### Taramalı Elektron Mikroskopu(SEM)

Deve ve inek süttozlarının elektron mikroskop analizi İzmir Katip Çelebi Üniversitesinde bulunan Zeiss Gemini Sigma 300 VP, Almanya model elektron mikroskopu ile analiz edilmiştir.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

### Çiğ deve sütünün kimyasal bileşim verileri

Çiğ olarak tedarik edilen deve ve inek sütünün kimyasal analizleri Tablo 1’de verilmiştir. Tabloda görüldüğü gibi inek ve deve sütünün pH ve laktik asit değerleri birbirleriyle uyumludur. Deve sütünün separasyon öncesi yağ oranının %5,9-6 oranında bulunmasından dolayı deve sütünün toplam kurumaddesi inek sütüne oranla daha yüksek bulunmuştur. Bu durum ise deve sütündeki yağ miktarının yeterince uzaklaştırılmamasından kaynaklanmaktadır. Her iki çeşit sütte de kül oranları arasında çok fazla bir farklılık tespit edilmemiştir. Taze sütün % titrasyon asitliği Türk Gıda Kodeksine göre % 0,16-0,18’dir. (Anonim, 2006). Eğer asitlik % 0,30 veya daha fazla bulunmuşsa süt ısıtma işlemine dayanıksızdır. Tablo 1’deki veriler, inek ve deve sütü sütlerinin protein içeriğini göstermektedir. Protein değerleri inek sütü için % 2,87-3,57 arasındadır.(Anonim, 2006). Çiğ deve ve inek sütlerinin kuru madde miktarları sırasıyla %13,2 ve 9,17 arasındadır. Çiğ inek sütü için yağsız kuru madde konsantrasyonunun en az %8 olması gerektiği belirtilmektedir.(Anonim, 2006). Türk Gıda Kodeksi Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliğine göre süt yağı %3,5’ten fazla veya eşit ise tam yağlı süt olarak adlandırılır (Anonim, 2006). Çift separasyon işleminden sonra ise yağ konsantrasyonlarının çiğ deve ve inek sütlerinde sırasıyla %1,5 ve %0,4 yağ oranına düştüğü gözlemlenmiştir. Çiğ deve ve inek sütlerinin kül miktarı sırasıyla %0,76 ve %0,85 arasında değişmektedir. Sütün kül miktarının %0,6-0,9 arasında değiştiği bilinmektedir (Anonim, 2006)

**Tablo 1.** Çiğ deve ve inek sütlerinin kimyasal analiz verileri

	pH	Süt bileşenleri (% ağırlık/hacim)					
		TA <sup>1</sup>	Protein (%)	Kül (%)	Kuru madde (%)	Separasyon öncesi Yağ (%)	Separasyon sonrası Yağ (%)
İnek <sup>1</sup>	6,57±0,01	0,15±0,03	3,36±0,05	0,84±0,01	9,62±0,09	4,5±0,01	0,4±0,01
İnek <sup>2</sup>	6,57±0,01	0,16±0,03	3,26±0,05	0,76±0,01	9,17±0,09	4,5±0,01	0,4±0,01
Deve <sup>1</sup>	6,63±0,01	0,14±0,03	3,48±0,05	0,85±0,01	13,2±0,09	5,9±0,01	1,5±0,01
Deve <sup>2</sup>	6,57±0,01	0,14±0,03	3,46±0,05	0,78±0,01	13,2±0,09	6±0,01	1,5±0,01

<sup>1</sup>Titrasyon asitliği laktik asit cinsinden hesaplanmıştır.

### Süttozunun Kimyasal Analizleri

Tablo 2’de püskürterek kurutma yöntemiyle elde edilen inek ve deve sütü tozlarının kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Süttozunun rekonstitüsyonundan sonra pH ve laktik asit konsantrasyonları analiz edilmiştir. Tablo 2’ye göre inek sütünün laktik asit değerleri %0,38 ve %0,34 olarak saptanmış ve Türk Gıda Kodeksindeki (TGK) verileriyle karşılaştırılmıştır. TGK’ya göre inek sütünden elde edilmiş süttozlarının % laktik asit değeri standart kaliteli süttozu için %0,17, ekstra kalite için en fazla %0,15 olması gerektiği bildirilmiştir (Anonim, 1997). Tablo 2’de görüldüğü gibi deve süttozunda laktik asit konsantrasyonunun %0,18-0,22 arasında olduğu saptanmıştır. TGK da gerek deve sütünde gerekse deve sütü tozuyla ilgili bir mevzuatın bulunmamasından dolayı laktik asit konsantrasyonu açısından herhangi bir karşılaştırma yapılamayacaktır.

Deve ve inek sütlerinin protein miktarları % 38,54 ve 36,17 olarak saptanmıştır. Süttozlarında bu oranın %36 civarında olmasının istendiği bilinmektedir. Deve ve inek süttozlarının yağ miktarları sırasıyla %17,67 ve % 10,33 tür. Deve süttozunun yağ miktarı inek süttozundan daha yüksek olduğu saptanmıştır. Türk gıda kodeksi koyulaştırılmış süt ve süttozu tebliğine (Tebliğ No: 2005/18) göre yağsız süttozundaki yağ miktarı en fazla %1,5’tir. Deve ve inek süttozlarının yağ miktarları %1,5 tan fazla olduğu görülmektedir. Kodekse göre süttozu örnekleri yarım yağlı süttozu (%1,5<süt yağı<%26) sınıfına girmektedir (Anonim, 1997). Deve ve inek süttozlarının kuru madde miktarları sırasıyla %96,67 ve 97,19’dur. Bu değer süttozlarında en az %95 olmalıdır (Anonim, 1997).

**Tablo 2.** Deve ve inek süttozlarının kimyasal analizleri

	Süttozu bileşenleri (% , ağırlık/hacim)				
	pH	TA <sup>1</sup>	Protein (%)	Kuru madde (%)	Yağ (%)
İnek <sup>1</sup>	6,86±0,01	0,38±0,03	36,18±0.05	97,39±0,09	10±0,1
İnek <sup>2</sup>	6,86±0,01	0,34±0,03	36,16±0.05	97±0,09	10,67±0,1
Deve <sup>1</sup>	6,76±0,01	0,18±0,03	38,57±0.05	96,70±0,09	18±0,1
Deve <sup>2</sup>	6,76±0,01	0,22±0,03	38,52±0.05	96,65±0,09	17,34±0,1

<sup>1</sup>Titrasyon asitliği laktik asit cinsinden hesaplanmıştır.

### Süttozunun fonksiyonel özelliklerin tespit edilmesi

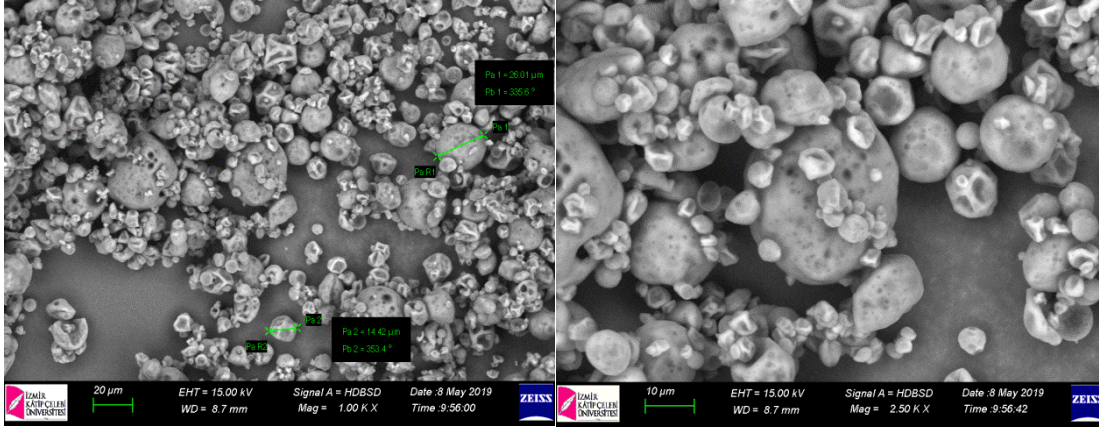
Deve ve inek süttozlarında fonksiyonel özellikleri için yapılan analiz sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Deve ve inek süttozlarının fonksiyonel özelliklerinden biri olan ıslanabilirlik sonuçları değerlendirildiğinde bu sürenin yaklaşık 15 saniye olması gerektiği bildirilmiştir. Bu çalışmadaki sürenin ise deve süttozları için 14,03 ve 13,75 saniye olduğu saptanırken inek süttozlarında 13,52 ve 12,40 saniye olduğu bildirilmiştir. Bu analiz sonucunda üretilen süttozlarının ıslanabilirliğinin uygun olduğunu göstermektedir. Süttozlarında kullanılan fonksiyonel özelliklerden bir diğeri dağılılabirliktir. Bu parametre süttozlarının rekonstitue edilirken gösterdiği dağılma hızını belirtmektedir. Bu fonksiyonel özelliğin 15-25 saniye arasında olması gerektiği bildirilmiştir. Deve ve inek süttozlarının dağılılabirlik süreleri bu çalışmada deve süttozlarında 15,62 ve 16,94 saniye iken inek süttozlarında 17,18 ve 18,84 saniye olarak bulunmuştur. Kalıcı köpük tayininin amacı süttozunda rekonstitüsyon sonucunda köpük oluşumun derecesini belirlemektir. Bu yöntemde rekonstitue edilen süttozların 5°C’de 24 saat bekletilmesi sonucunda mezür yüzeyinde köpük bulunmaması gerekmektedir. Tablo 3’e bakıldığında gerek inek gerek deve süttozlarında köpük oluşumu gözlemlenmemiştir. Üretim yöntemine göre püskürtmeli kurutma yönteminde çözünübilirliğin en az %98 olması gerektiği belirtilirken bu durum silindir yöntemiyle kurutmada en az %80 olması gerektiği bildirilmiştir. Analiz sonuçlarına bakıldığında bu değer inek süttozu için %98,4 ve %98,2 olduğu deve süttozunda ise bu değer %98,1 ve %98,3 olduğu saptanmıştır.

**Tablo 3.** Deve ve inek süttozlarının fonksiyonel analizleri

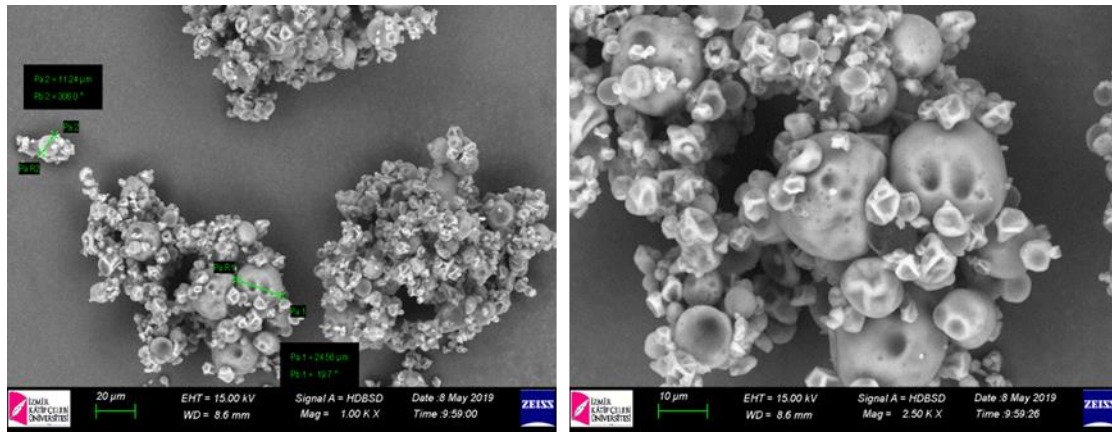
Süttozu fonksiyonel özellikleri				
	Islanabilirlik (sn.)	Çözünübilirlik (%) gram/gram	Dağılılabirlik (sn)	Kalıcı Köpük Tayini (cm)
İnek <sup>1</sup>	13,62±0,1	98,4	18,84±0,1	—
İnek <sup>2</sup>	12,40±0,1	98,2	17,18±0,1	—
Deve <sup>1</sup>	14,03±0,1	98,1	15,62±0,1	—
Deve <sup>2</sup>	13,75±0,1	98,3	16,94±0,1	—

### Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM)

Şekil 2 ve Şekil 3’te püskürtülerek kurutmadan sonra inek ve deve süttozlarının farklı boyutlarda görüntüleri alınmıştır. Toz tanelerinin bazılarında büzülmeler gözlemlenmiştir. Gıda ürünlerinin endüstriyel sıcak havada püskürtülerek kurutulmasında, su uzaklaştırılırken genellikle damlacıklar büzülmekte ve süngerimsi bir yapı kazanmaktadır. Süttozlarındaki yağ miktarlarından dolayı taneciklerde yapışmalar ve topaklanmalar meydana gelmektedir. Elektron mikroskopu altında görüntelenen taneciklerinden büyük olan tanecikler (10 µm) yağ globüllerine, küçük ve yuvarlak tanecikler ise kazein misellerine aittir. Tanecik boyutları heterojen bir dağılım göstermiştir.



Şekil 2. Deve süttozunun elektron mikroskopi altındaki görüntüleri



Şekil 3. İnek süttozunun elektron mikroskopi altındaki görüntüleri

Deve sütünden süttozu üretimi konusunda yapılmış yalnızca birkaç çalışma bulunmaktadır. Bunlardan biri olan Sulieman ve arkadaşlarının (2014) ve yaptığı bir çalışmada püskürtmeli kurutucu ile kurutulan inek ve deve süttozlarının fizikokimyasal özellikleri karşılaştırılmıştır. Ayrıca kurutucu sıcaklığının süttozu kalitesi üzerindeki etkisini incelemek için farklı kurutma sıcaklıkları kullanılmıştır. Bu doğrultuda deve ve inek sütleri toplam kuru madde miktarı %20-30 oranına kadar konsantre edilmiş, giriş sıcaklığı (98°C-105°C) ve çıkış sıcaklığı (200°C-220°C) olan püskürtmeli kurucuda kurutulmuştur. Yapılan analizlere göre sıcaklığın artması ile beraber su aktivitesinde bir düşüş ve süttozunun çözünürlüğünde ise bir artış gözlemlenmiştir. Bu çalışmada belirtilen inek ve deve süttozlarının protein miktarları %23,75 ile %26,64 arasında değiştiği saptanmıştır. Bu çalışmada ise inek ve deve süttozları için protein miktarları %36,16-38,57 arasında saptanmıştır. Sulieman ve arkadaşlarının (2014) yaptığı çalışmada deve süttozunun %0,24 ile %0,18 değerindeki inek süttozundan daha fazla asitliğe sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bizim çalışmamızda ise süt asidi değeri inek süttozunda %0,36 iken deve süttozunda %0,20 olduğu saptanmıştır. Sulieman ve arkadaşlarının (2014) çalışmasındaki inek ve deve süttozlarının yağ miktarları %27,86-29,82 arasında bulunmuştur. Bu çalışma için yağ değerleri %10-18 arasında değişmektedir. Sulieman ve ark. 'nın (2014) çalışmasında kullanılan süt örnekleri konsantre edildikten sonra yağ separasyonu yapılmadan doğrudan kurutma işlemi uygulanmıştır.

## SONUÇ

Gelişen teknolojiyle beraber deve sütünün birçok faydalı etkisi keşfedilmektedir. Deve sütü proteininin bileşimi ve moleküler özellikleri bakımından inek ve insan sütünden farklıdır. Deve sütü, kazeinlerin ve peynir altı suyu proteinlerinin (SA, a-LA, LF, PGRP-S ve IgG1 farklı IgG1, IgG2 ve IgG3 varyantları ile birlikte eşsiz bileşimi) sonucu insan sağlığına nispeten daha yüksek fonksiyonel katkıya sahiptir. Deve sütündeki  $\beta$ -lg'nin eksikliği deve sütünü diğer sütlerden ayıran en önemli özelliktir. Bu özelliğinden dolayı süte alerjisi olan kişiler için deve sütü alternatif bir süt kaynağı olabilir. Gelecekte, bebeklerin inek sütünü tolere edememesinden dolayı deve sütünün anne sütüne alternatif bir süt çeşidi olabilmesi mümkün görülmektedir. Süt tozu üretiminde diğer süt kaynaklarının yanı sıra deve sütünün uygulanabilirliği incelenmelidir. Nispeten daha yüksek peynir altı suyu protein konsantrasyonuna sahip deve sütü, fonksiyonel gıdalarda kullanılması için alternatif bir süttozu kaynağı olabilir. Deve sütü tüketiminin orta doğu ülkeleri gibi yaygın olduğu ülkelerde deve süttozu önemli bir gelir kaynağı olarak kullanılabilir. Bu doğrultuda deve süttozunun püskürtmeli kurutucu ile üretilebilirliği incelenmiştir. Üretim sırasında deve sütünün inek sütünden daha yüksek yağ miktarına sahip olması nedeniyle ve proteinler yüksek sıcaklıkta jel oluşturması nedeniyle, kurutucuda tıkanma gibi bazı sorunlarla karşılaşmıştır. Bu sorunu gidermek için deve sütü çift seperasyon yapılmış ve proteinler yapışmasını önlemek için pastörizasyon işlemi uygulanmıştır. Bu işlemlerden sonra sorunlar ortadan kalkmıştır. Sonuç olarak deve sütünden üretilen tozun kalitesi inek sütünden üretilen süttozu kalitesi ile eşdeğer olabilir. Ancak ülkemizde devecilğin az olmasından dolayı deve sütü diğer sütlere göre daha yüksek bir maliyete sahiptir. Bununla birlikte kurutucudan elde edilen toz miktarının az olmasıyla birlikte deve süttozu çok yüksek üretim maliyetine mal olmaktadır. Bununla birlikte deve sütünün yaygın olduğu ülkelerde deve süttozu üretimi düşük bir maliyete sahip olabilir ve yeni bir gelir kaynağı olarak kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

- Elagamy EI 2000. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respectto antimicrobial factors: a comparison with cows' and buffalo milk proteins.
- Saygılı D, Karagözlü C 2017. Deve Sütü ve Diyabet Tedavisindeki Önemi. Akademik Gıda, 15(2): 204-210
- Muehlhoff E, Bennett A, McMahon D 2013. Milk and dairy products in human nutrition. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).
- FAOSTAT. 2011. FAO statistical database. Available at: <http://faostat.fao.org/>. Accessed 30 June 2011.
- Park YW, George FW 2013. Milk and Dairy Products in Human Nutrition: Production, Composition and Health, 1: 578-593
- Mullaicharam A 2014. A review on medicinal properties of Camel milk, World J Pharm Sci, 2: 237-242.
- Korish AA, Gader AGA, Korashy HM, Al-Drees AM, Alhaider AA, Arafah MM 2015. Camel milk attenuates the biochemical and morphological features of diabetic nephropathy: inhibition of Smad1 and collagen type IV synthesis, Chemico-Biological Interactions, 229: 100-108.
- Sulieman AME, Elamin OM, Elkhalfa EA, Laleye L 2014. Comparison of Physicochemical Properties of Spray-dried Camel's Milk and Cow's Milk Powder. International Journal of Food Science and Nutrition Engineering, 4(1):15-19
- Yagil, R. 2004. Camel milk and autoimmune diseases: historical medicine, 2004, <http://www.camelmilkforhealth.com>
- Demirci M, Şimşek O 1997. Süt İşleme Teknolojisi, Hasad Yayıncılık, İstanbul
- Barbosa-Canovas GV, Ortega-Rivas E, Juliano P, Yan H 2005. Drying. Food Powders Physical Properties, Processing and Functionality, 11: 271-304.
- Ramos F.D.M., Ubbink J., Juinor V.S., Prata A.S., (2019): Drying of Maltodextrin solution in a vacuum spray dryer, 146:78-86
- Metin M., (2016): Süt ve Mamülleri Analizleri Yöntemleri, 9:67-6819. ISO 14891 IDF 185, Milk and Milk Products-Determination of Nitrogen Content-Routine Method Using Combustion According to the Dumas Principle
- Öner Z., Aloğlu H.Ş.,(2018): Süt ve süt ürünleri analiz yöntemleri, (058):49-71
- Bastioğlu, A. Z., Tomruk, D., Koç, M., & Ertekin, F. K. (2016). Spray dried melon seed milk powder: physical, rheological and sensory properties. Journal of food science and technology, 53(5), 2396-2404.
- Anonim(2006). Türk Gıda Kodeksi, Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği. Tebliğ No: 2000/6.
- Anonim(1997). Türk Gıda Kodeksi, Koyulaştırılmış Süt ve Süttozu Tebliği. Tebliğ No:2005/18



## Tekstil tasarımında Nakış' ın yeri

Esra Taştan Özkan (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8950-6048>.)

\*Bitlis Eren Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tekstil ve Moda Tasarımı, Bitlis, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: [etastan@beu.edu.tr](mailto:etastan@beu.edu.tr)

### Özet

Tekstil tasarımı tekstil sektörünün giyim, iç giyim, ayakkabı, ev tekstili gibi farklı alanlarını da kapsayan geniş bir dalıdır. Tasarım öğeleri ise renk, model ve beden gibi faktörlerden oluşur. Nakış geçmişten günümüze giysi tasarımında ve ev tekstilinde yer bulmuş bir sanat dalıdır. Nakış kumaş, deri gibi yüzeylere iğne ve ipliklerle yapılan şekil ve süslemeler olarak tanımlanır. Kùltürlerin beşiğı olan Anadolu' da ortaya çıkan nakış, geçmişten günümüze yaygın kullanılan bir el sanatı dalyken günümüzde makine kullanımının artmasıyla bu alanda üretim hızı ve kullanılan motif sayısı artmıştır. Nakış geleneksel formlarda figürlü bezeme, bitkisel bezeme, geometrik bezeme, mimarili bezeme ve fantastik bezeme gibi motiflerden oluşurken, günümüzde kullanılan makineler ve bilgisayar programları sayesinde istenilen bütün formlarda ve şekillerde üretilebilir. Nakış giysiye sonsuz çeşitlilik sağlayabileceğı için özellikle giyim sektöründe vazgeçilemez ve yeri doldurulamaz bir tekniktir. Ayrıca Nakış' ın ayakkabı dahil bütün sektörlerde kullanımı mevcuttur. Nakış' ın son zamanlarda moda tasarımında özellikle giysi parçalarında kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu çalışmada geleneksel ve modern figürlerin giysi tasarımında ve ev tekstili tasarımındaki yeri ve öneminden bahsedilecektir. Bu alanda kullanılan makine çeşitleri ve üretim hızlarına değinilecektir. Ayrıca nakış kullanımının sınırlılıkları ve üretimde çok sık karşılaşılan problemlerden bahsedilecektir. Sonuç olarak geçmişten günümüze var olan ve gelecekte de daha hızlı üretim teknikleriyle tekstil tasarımında yeri olacak Nakış' ın gelecek nesillere aktarılması ve farklı alanlarda kullanılarak yaygınlaşması açısından bu çalışma önemli bir çalışma olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil tasarımı, Nakış, Motif

### Place of Embroidery in Textile Design

#### Abstract

Textile design is a broad branch of the textile industry that includes different areas such as ready-made fabrics, underwear, shoes, and home textiles. Design factors was consist of as color, model and size. Embroidery is an art branch that has been used in clothing design and home textiles from past to present. Embroidery is defined as the shapes and ornaments made with needles and threads on surfaces such as fabric and leather. Embroidery appeared in Anatolia which is the cradle of cultures. It is a handicraft branch that has been widely used from the past to the present. Today, the production speed and the number of motifs used in this field have increased with the increase in the use of machines. While embroidery consists of motifs such as figural ornaments, floral ornaments, geometric ornaments, architectural ornaments and fantastic ornaments in traditional forms, it can be produced in all forms and shapes thanks to the machines and computer programs used today. Embroidery is an indispensable and irreplaceable technique, especially in the clothing industry, as it can provide endless variety to clothing. Also, Embroidery is used in all sectors including shoes. The use of embroidery has become widespread in fashion design, especially in clothing pieces. In this study, the place and importance of traditional and modern figures in clothing design and home textile design will be discussed. It will be mentioned machine types and production speeds used in this field. In addition, the limitations of the use of embroidery and the problems encountered frequently in production of embroidery will be mentioned. As a result, this study will be an important work in terms of transferring the embroidery to future generations and using it in different fields, which has existed from the past to the present and will have a place in textile design with faster production techniques in the future.

**Keywords:** Textile design, Embroidery, Motif

### 1. GİRİŞ

Geleneksel Türk sanatlarından biri olan Nakış, Türk toplumunun geçmişten günümüze gelen bir değerler birikimidir. Bir toplumun yaşam tarzının, gelenek ve göreneklerinin geçmişten günümüze aktarılması yoluyla o toplumun geçmişi hakkında da kolayca bilgi sahibi olunabilir.

Nakış, geleneksel formlarda figürlü bezeme (kuş, balık, aslan), bitkisel bezeme (lale, nar, çarkıfelek), geometrik bezeme, mimarili bezeme ve fantastik bezeme gibi motiflerden oluşurken günümüzde nakış üretiminde makinelerin kullanımıyla istenen bütün formlarda ve şekillerde üretilmektedir. Türk süsleme sanatının gerek İslamiyet öncesi ve gerekse İslamiyet sonrası Türklerin hâkimiyet kurduğu pek çok coğrafi bölgelerdeki süsleme geleneklerinden etkilenmiş olması doğaldır. Ancak bu etkilenme çok kısa bir zaman diliminde kalmış, gerek renk, motif ve kompozisyon yönlerinden gerekse Türklere özgü sadelik yönünden, Türk duyuş ve düşüncesinin ifade edilmesinde önemli bir araç haline gelmiştir (Karoğlu, 2007). Hatta Osmanlı döneminde nakış giyim kuşamda sadece süsleme amacıyla değil, giysiyi giyen kişinin sosyal statüsünü ibraz etme amacıyla da kullanılmıştır.

Nakış iğne, iplik ve nakış yapılacak yüzey olmak üzere üç bileşenden oluşan bir tekniktir. Makineleşme sayesinde geçmişte insan gücüne dayalı olarak yapılan Nakış sanatı, günümüzde makinelerin de kullanımıyla çok daha hızlı ve çok daha fazla renk ve figür içeren bir teknik haline gelmiştir. Temelde süsleme ve kullanılan malzemenin daha estetik bir görüntüye sahip olarak kişilerin satın alma davranışlarını tetiklemesi amaçlanmaktadır. Böylece geçmişten günümüze var olan gelinlerin çeyizlerini süsleyen Nakış sanatı daha fazla ürün yelpazesinde (giysi, eldiven, şapka ve ayakkabı gibi) kullanılmış ve bu sektörlerin gelişmesine olanak sağlamıştır. Günümüzde insanlar satın aldıkları ürünlerde eskiden olduğu gibi tek renkli veya tek desenli ürünleri tercih etmemekte ayakkabı alırken dahi daha renkli ve üzerinde nakış olan ürünleri tercih edebilmektedir.

Süsleme veya süslenme arzusu insanlık uygarlığıyla başlamaktadır. İnsanlar süslenmek ve süslemek isteği ile her dönemde yenilikler yapmış, giyimlerini, evlerini, kullandıkları eşyaları süslemişler ve süslenmeyi sanat haline getirmişlerdir (Eronç, 1984).

Özellikle yurt içinde dokuma, ayakkabı, çanta, triko gibi tamamlayıcı giyim aksesuarları satan firmalar, rakiplerinin önüne geçebilmek için ürünlerini çeşitli desenlerle süslemişlerdir. Süslemelerde boncuk, pul, kordon, payet, sim işi, suzeni, sarma, çin iğnesi dikiş teknikleri gibi teknikler kullanılmaktadır.

Dünya Ticaret Örgütü 2018 yılında gerçekleşen tekstil ve hazır giyim ihracatına dair verilere göre dünya genelinde hazır giyim ve konfeksiyon ürünleri ihracatı 546 milyar USD' ye ulaşmıştır. Tekstil diğer ürünler ve ev tekstili ihracat toplamı 292 milyar USD olarak gerçekleşmiştir. Türkiye ise 2018 yılında, sadece hazır giyim sektöründe 17 milyar USD ihracat gerçekleştirmiştir, tekstil ürünleri dahil edildiğinde toplam ihracat 28 milyar USD olarak gerçekleşmiştir. Nakış sanayi diğer sektör elemanlarının (konfeksiyon-ayakkabı-mefruşat) ara girdisi durumunda olduğundan bu durum kimi alt yapı sorunlarını da ortaya çıkarmaktadır.

Nakış ile ilgili literatür çalışmalarına aşağıda kısaca değinilmiştir:

Erdal (2008), bilgisayar destekli tasarım ve nakış uygulamaları isimli çalışmada gelişen teknoloji ile birlikte nakış alanında da yeniliklerin ortaya çıktığını, kullanım alanının farklılaştığını ve bilgisayar destekli makine kullanımının artacağını belirtmiştir.

Koç ve Koca (2016), yaptıkları çalışmada Türk halk giyiminde kullanılan süslemeleri tipolojik bir yaklaşımla ele almış, giysilerde kullanılan süs ve süsleme özellikleri uygulama tekniği açısından altı gruba ayırmıştır. Sonuç olarak tüketici isteklerinin arttığı günümüzde tasarımcıların farklılık yaratmak için geleneksel tasarımlara yönelmesi, hem bu alanda çeşitliliğin artmasına hem de bu kültürel mirasın yok olmamasına sebep olacağını belirtmişlerdir.

Odabaşı ve Kandemir (2018), yaptıkları çalışmada belgesel tarama ve iş analizine dayalı betimsel bir yöntem kullanmış, bilgisayar destekli programlar kullanarak kanaviçenin aslına uygun olarak günümüze kazandırılmasını sağlamışlardır. Ayrıca sanayi tipi makineler için desen tasarımlarını hazırlama ve tüm aşamaları içeren öğretim programı önerisi hazırlamışlardır.

Can (2019), Türk işleme(nakış) sanatında gül motifini incelediği çalışmada gülün taşıdığı gerçek ve simgesel anlamlar ile birlikte gül motifinin kullanıldığı işlemeli ürünlerden örnekler sunulmuştur. Sonuç olarak Türk kültürüne ait motiflerin açığa çıkarılması ve bu bilginin daha sonraki çalışmalara kaynak oluşturması sağlanmıştır.

Emekli ve Ünal (2019), nakış kalitesini etkileyen faktörleri inceledikleri çalışmalarında Nakış' ın tekstil ve konfeksiyon sektöründe hem görsel olarak hem de tasarım ve uygulama sürecinin görünümünü ve maliyetini doğrudan etkilediği için önemli bir iş adımı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kaliteli nakış için iğne ipliğinin yanında kumaş, desen yapısı, tela ve makine ayarlarının da önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmada amaç geçmişten günümüze var olan ve gelecek nesillere aktarılacak Nakış sanatının tekstil tasarımında ve ürünlerinde kullanımı ve nakış üretiminde kullanılan makineler hakkında bilgi vermektir. Ayrıca nakış üretiminde karşılaşılan problemlerden bahsedilecektir.

## 2. NAKIŞ TASARIMINDA KULLANILAN MOTİFLER

Nakış, geleneksel formlarda figürlü bezeme (kuş, balık, aslan), bitkisel bezeme (lale, nar, çarkıfelek), geometrik bezeme, mimarili bezeme ve fantastik bezeme gibi motiflerden oluşurken günümüzde nakış üretiminde makinelerin kullanımıyla istenen bütün formalarda ve şekillerde üretilmektedir. İslamiyet öncesi göçebe kültürde insan ve hayvan figürleri kullanılan eşyalar üzerine işlenirken, İslamiyet'in kabulünden sonra insan figürleri kullanılmamış, hayvan figürleri ise daha soyut formlarda kullanılmıştır. Nakış insanlar kendilerini hüznelerini, sevinçlerini ifade etme yöntemi haline gelmiştir.

Figürlü bezeme; kuş, kartal, ayı, inek, kaplumbağa ve deniz hayvanları gibi şekillerde işlenir.

Bitkisel bezeme; papatya, lale, karanfil, gül sümbül gibi çiçekler, yaprak ve ağaç motiflerinde işlenir. Süslemenin en yaygın kolu olup çok zengin ayrıntılar içerir.



Şekil 1. Figürlü ve bitkisel işleme örnekleri (Koç ve Koca, 2016)

Geometrik bezeme; daire, üçgen, poligon gibi motifler ve sembolik olarak kullanılan motifler bu grupta incelenebilir. En sık ve en ayrıntılı kullanılan motifler arasında geometrik bezemelerde yer alır.

Mimarili bezeme; cami, ev, vazo ve sepet gibi farklı motiflerde işlenirler.

Fantastik bezeme; şahmeran bu konudaki en önemli örneklerdendir.

Ayrıca yazı ve doğadan esinlenerek üretilmiş motifler nakış sanatında kullanılmaktadır.



Şekil 2. Kanaviçe uygulanmış giysi örnekleri (Koç ve Koca, 2016)

Günümüzde makine kullanımıyla üretilen nakışların genellikle figürlü, geometrik ve bitkisel motiflerden üretildiği görülmüştür (Erdal, 2008). Nakış giyim ürünlerinde giysi ve aksesuarlarda süsleme amacıyla çok sık kullanılmaktadır. Dış giyimde (gelinlikler, fantezi giysiler, elbiseler, vb.), iç giyimde (sabahlık, gecelik, vb.), aksesuarlarda (çanta, ayakkabı, vb.) kullanılan nakış örnekleri aşağıda belirtilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Giyim ve aksesuar ürünlerinde nakış kullanımı

Nakış giyim ürünlerinde olduğu kadar dekorasyon ürünlerinde de kullanılır. Dekorasyon ürünlerinde kare, dikdörtgen, yuvarlak, oval şekillerde olabilir. Ev tekstilleri alanında oda takımları (kırılentler, kılıflar, seccadeler, vb.), yatak takımları (yatak örtüleri, yastık kılıfları, çarşaf, vb.), banyo takımları (havlular, bornozlar, vb.) ve yemek takımları (masa örtüleri, çay örtüleri, vb.) gibi geniş bir ürün yelpazesini kapsamaktadır.



Şekil 4. Ev tekstilinde kullanılan nakış örnekleri

### 3. NAKIŞ TASARIMINDA KULLANILAN MAKİNELER ve PROGRAMLAR

Nakış günümüzde sanayi tipi makinelerde bilgisayar destekli programlar kullanılarak üretilse de evlerde ve daha küçük işletmelerde aile tipi dikiş makineleri halen kullanılmaktadır.

*Aile tipi dikiş makineleri:*

Bu makineler ayaklı, kollu ve otomatik çeşitleri bulunan, normal incelikteki kumaşlara belirli bir hızda uygulama yapabilen makinelerdir. Bu makineler de kendi aralarında düz dikiş ve zig-zag dikiş makinesi olmak üzere iki alt gruba ayrılmaktadır. Bunlardan zig-zag dikiş makineleri elektronik sistemler yardımıyla kenarda sürfile ile değişik süslemeler yapan makinelerdir.

*Sanayi tipi nakış makineleri:*

Bu makineler yüksek üretim yapan fabrika ve nakış atölyelerinde kullanılan makinelerdir. Farklı yüzeylere işleme yapabilen bu makinelerin hem yüksek devirle çalışabilme, hem de çok sayıda farklı iplik kullanabilme özelliği bulunmasının yanında, otomatik iplik kesme özellikleri de bulunmaktadır. Bu makinelerde kendi aralarında şeritli, mekanik ve bilgisayarlı makineler olarak üç gruba ayrılır. Günümüzde çok fazla motif ve renk kullanımına olanak sağlayan bilgisayar destekli nakış makinaları daha yaygın olarak kullanılmaktadır.



Şekil 5. Sanayi tipi nakış makinası

### *Bilgisayar destekli nakış makineleri;*

Bilgisayarlı nakış makineleri; daha yüksek üretim ve kalite olanakları getiren, var olan ileri teknolojinin olanaklarını uygulamaya sahip makinelerdir ve makinedeki mikro işleyici ile kontrol edilmektedir (Yakartepe, 1999).

Bilgisayarlı nakış makinelerinde bilgisayara yüklenen özel desen programları yardımıyla (Pulse, Punto, Accurate, vb.) tasarım yapılabilir. Bilgisayarlı nakış makinelerinde bir ürünün tasarlanmasından, desenin kumaşa işlenebilmesine kadar tüm işlemler oldukça basitleştirilmektedir. Kumaşa işlenecek desen, istenilen oranda büyütülüp küçültülerek tüm kompozisyon oluşturulmakta, hazırlık süreleri kısaltılmaktadır (Atlamış, 2008). Günümüzde bilgisayar destekli nakış makineleri tek kafadan 52 kafaya kadar değişen kafa sayılarında üretilebilmektedir.

Bilgisayar destekli nakış makinelerinde kullanılan elektronik kontrollü ayak sistemi sayesinde hızlı ve yavaş devirlerde yüksek kalınlıktaki kumaşlara dahi çok renkli tasarımlar ve motifler uygulanabilmektedir.



**Şekil 6.** Bilgisayar destekli nakış makinesi

## **4. ÜRETİMDE KARŞILAŞILAN PROBLEMLER**

Nakış sanayi konfeksiyon, ayakkabı gibi sektörlerin ara girdisi olduğundan bu alanda bir çok problem de ortaya çıkmaktadır. Nakış sektöründe karşılaşılan ana problemlerin başında kullanılan makinelerin yeni olmaması gelmektedir. Fakat en son teknoloji makineler kullanılsa dahi yeterli yetişmiş ve deneyimli elman var olmadığı sürece nakış sektöründe yine kalitesiz ve hatalı ürünler ortaya çıkacaktır. Özellikle insan hatalarından kaynaklanan kalitesiz üretim, firmaya reklamasyon olarak dönebilmekte ve bu da nakış üreten firmaların karşılaştığı en büyük problemlerden biri haline gelmektedir.

Birçok firma kendilerine gelen numuneler üzerinden üretim yapmakta, desinatör bulundurmamaktadır. Bu da bu sektörde tasarım çeşitliliğinin az olmasına, yeni tasarımların ortaya çıkmamasına ve tekdüze üretim yapılmasına sebep olmaktadır. Ayrıca işletmelerin çoğunun hazır giyim üretmesi bu nedenle motif seçimlerinde hazır giyim ve modanın belirleyici olması sebebiyle geleneksel Türk motiflerine tasarımlarda çok fazla yer verilememektedir. Buda geçmişten günümüze gelen kültür mirasımızın gelecek nesillere aktarılmasını önleyecektir. Oysaki, Türk motiflerinin kullanıldığı özgün tasarımlar katma değeri yüksek ürünlerin ortaya çıkmasına bunun sonucunda da hem iç, hem dış piyasada rekabetin artmasına sebep olacaktır. Bununla birlikte Türk motiflerinin uluslararası tanınırlığı da artacaktır.

## **5. SONUÇ**

Bu çalışmada Nakış sanatının geçmişten günümüze tasarımda kullanımı ve geçmişte nakış sanatında kullanılan motiflerden bahsedilmiştir. Makineleşme sonucu nakış sanatının üretim olanaklarının artması, nakış üretiminde kullanılan makinelerden bahsedilmiştir. Ayrıca nakış üretiminde karşılaşılan problemler ve sektörün problemlerinden kısaca bahsedilmiştir. Sonuç olarak Türk motiflerinin tekstil tasarımında kullanımının yaygınlaştırılması, bunun sonucunda Türk motiflerinin uluslararası alanlarda tanıtılması ve tasarımlarda daha çok yer alması gerektiği belirtilmiştir.

## **KAYNAKLAR**

- Atlamış G. 2008. Hazır giyim işletmelerinde giyim süsleme aşaması uygulamaları, Selçuk Üniversitesi, Y.Lisans Tezi, s:140, Konya.
- Can M 2019. Türk işleme sanatında gül motifi. International Journal of Eurasian Education and Culture, 4(6): 51-61.
- Emekli F, Ünal Z 2019. Evaluation of some parameters affecting embroidery quality. Tekstil, 68(1-3): 8-13.
- Erdal H. 2008. Bilgisayar destekli tasarım ve işleme(nakış) uygulamaları. Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Eronç YP 1984. Giyim Süsleme Teknikleri. İstanbul: Milli Eğitim Basımevi, s. 352.
- Karoğlu H. 2007. Çağdaş Türk ve Batı Resminde Geleneksel Halk Sanatlarının Etkisi. [www.hulyakaroglu.com](http://www.hulyakaroglu.com).
- Koç F, Koca E 2016. Türk halk giyiminde kullanılan süslemelere tipolojik bir yaklaşım. İdil Dergisi, 5(19): 237-262.
- Odabaşı E, Kandemir M 2018. Kanaviçe iğne tekniğinin günümüz teknolojisinde tasarım ve uygulama süreçleri. Motif Akademi Halkbilimi Dergisi, 11(24): 435-447.
- Yakartepe Z, Yakartepe M 1999. Genel Konfeksiyon. İstanbul: Tekstil ve Konfeksiyon Araştırma Merkezi, s.3264.

## Cow Manure Biogas upgrading via h-BN nanoparticles

Songül Kaskun (<https://orcid.org/0000-0002-2760-2218>), Rahman Çalhan (<https://orcid.org/0000-0002-3894-8468>)

Department of Environmental Engineering, Engineering Faculty, Karabuk University, 78050  
Karabuk/Turkey

Corresponding author e-mail: [songulkaskun@karabuk.edu.tr](mailto:songulkaskun@karabuk.edu.tr) (e-mail)

### Abstract

Biological products and wastes can be used as a substrate for biogas generation to convert into natural gas. Biogas consists primarily of methane, carbon dioxide, hydrogen sulphide and smaller quantities of nitrogen, hydrogen and oxygen. There is huge interest to upgrade biogas to natural gas via upgrading technologies. One of the upgrading technologies of biogas is to remove impurities, CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S via adsorbents. In this study, cow manure was used for biogas generation, then the impurities, H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> was removed by hexagonal boron nitride (h-BN) nanoparticles in a laboratory scale system. The process was conducted within 30 days in a pH range of 6,5-8. The adsorption capacities of the h-BN nanoparticles were calculated by biogas analyser and the characterisation was performed by SEM, EDX, XRD and BET analyses. It was seen that the removal efficiency of CO<sub>2</sub> was measured between 28-10%. CO<sub>2</sub> removal was measured as 20% at the beginning of the process, reached the highest value of 28% on the 6th day, and then gradually decreased. The removal efficiency of H<sub>2</sub>S was measured between 100-73%. General H<sub>2</sub>S removal efficiency was generally stable and the highest value of 100% was reached on the 25th day. In the light of the data obtained from this experimental study that h-BN nanoparticles can be used efficiently in the conversion of biogas to natural gas.

**Keywords:** biogas, h-BN nanoparticles, adsorption, natural gas

### 1. INTRODUCTION

Biogas is a renewable energy source that is obtained from the conversion of organic wastes into useful by-products and can be used as a fuel in power and heat generation, fuel cells and vehicles instead of natural gas [1]. Biogas mainly consists of 50-60% CH<sub>4</sub> and 30-40% CO<sub>2</sub>, and there are impurities such as H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> and water vapor in varying ratios depending on the source from which the biogas is generated [2,3]. Impurities in biogas limit the usability of biogas instead of natural gas. Therefore, the ratio of methane content in biogas purified by several purification steps have to be removed before use 95% level, at which point it is called biomethane or gas bio natural [4-5]. Since the H<sub>2</sub>S in biogas creates both toxic and corrosive effects, it is the most damaging pollutant to energy conversion systems and can cause the formation of corrosive acids such as H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in thermal or thermocatalytic conversion systems [3]. It is not desired to have more than 150 ppm H<sub>2</sub>S in the biogas used in internal combustion engines, and these values are even lower for using the biogas as vehicle fuel or injection to natural gas grid [1]. Therefore, H<sub>2</sub>S must be removed from biogas before entering the conversion system [6].

There are different biological, physical and chemical methods to remove H<sub>2</sub>S from biogas, but the most used method is the adsorption process [7]. For this purpose, different substances such as activated carbon, iron, aluminum, zinc and titanium oxides and their mixtures have been used [8]. However, investment and operating costs of these adsorbents are high due to the low adsorption capacity and high temperature requirements [9]. Therefore, materials with lower investment and operating costs and more adsorption capacity should be used [10]. Different types of nanoparticles can also be used to remove H<sub>2</sub>S from biogas due to their high surface area and high adsorption capacity.

In this study, the H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> removal efficiency of the functionalised h-BN nanoparticles, in the biogas content obtained from cattle manure, was investigated. h-BN nanoparticles were oxidised with strong acid HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. The CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S adsorption behavior of the nanoparticles were measured by biogas analyser and X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive analysis X-ray (EDAX) and Brunauer-Emmett-Teller (BET) were used to investigate the structure, morphology and adsorption properties of the functionalised h-BN nanoparticles.

## 2. Experimental Methods

### 2.1. Materials

h-BN nanoparticles (98.5% purity) were provided from Nanografi Company. Hydrofluoric acid (35% purity), sulphuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) (99% purity) and nitric acid (HNO<sub>3</sub>) (65% purity) were provided from Sigma Aldrich.

### 2.2. Functionalization of h-BN nanoparticles

Firstly, 3M of hydrofluoric acid (HF) solution was mixed with hot plate for 3 hours at the boiling temperature of HF, then the nanoparticles were separated from the solution by filtration.

The separated h-BN nanoparticles were stirred for 6 hours in a solution of sulphuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) which was brought to the boiling temperature of H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> by hot plate and separated by filtration and allowed to stand in HNO<sub>3</sub> solution for 9 hours to reach a higher purity. After from the filtration process, the h-BN were washed out many times with distilled water until the pH was neutralized and subjected to dry in an oven for 24 hours at 100 °C. SEM, XRD, EDX and BET analyses were performed for characterization of the nanoparticles. Analysis results were consistent with the data in the literature and h-BN nanoparticles reached the desired purity.

### 2.3. Substrate

The cattle manure used in the experiments was obtained from a local livestock farm. Cattle manure was taken fresh and used fresh and analysed to determine the characteristics of manure. The characteristics of the cattle manure used are given in Table 2.1.

Table 1. The characteristics of the cattle manure

	Cattle Manure
C (%)	47.63
N (%)	7.19
C/N	6.62
Total solids, TS (%)	28.71
Volatile solids, VS (%)	91.81
VFA (mg/L)	61 200
Total Nitrogen (mg/L)	14 500
Chemical oxygen demand, COD (mg/L)	39 850

### 2.4. Experimental Setup

Biogas reactors with a working volume of 40 liters were used in the experiments (Fig. 1). The reactors were fed with 2 gVS/l.day throughout the experiment and the hydraulic retention time was set as 30 days. Reactors were operated under mesophilic conditions (36±2 °C). Before the H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> removal experiments from biogas, the reactors were fed with cattle manure for 30 days and the biogas production was stabilized. After the biogas production became stable, H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> removal was achieved with the nanoparticles placed between the biogas collection bag and the reactor. Daily biogas productions, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> content of biogas were measured regularly for 30 days. All biogas measurements were carried out twice before and after nanoparticles points to determine the H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> removal efficiency of the functionalised h-BN nanoparticles.



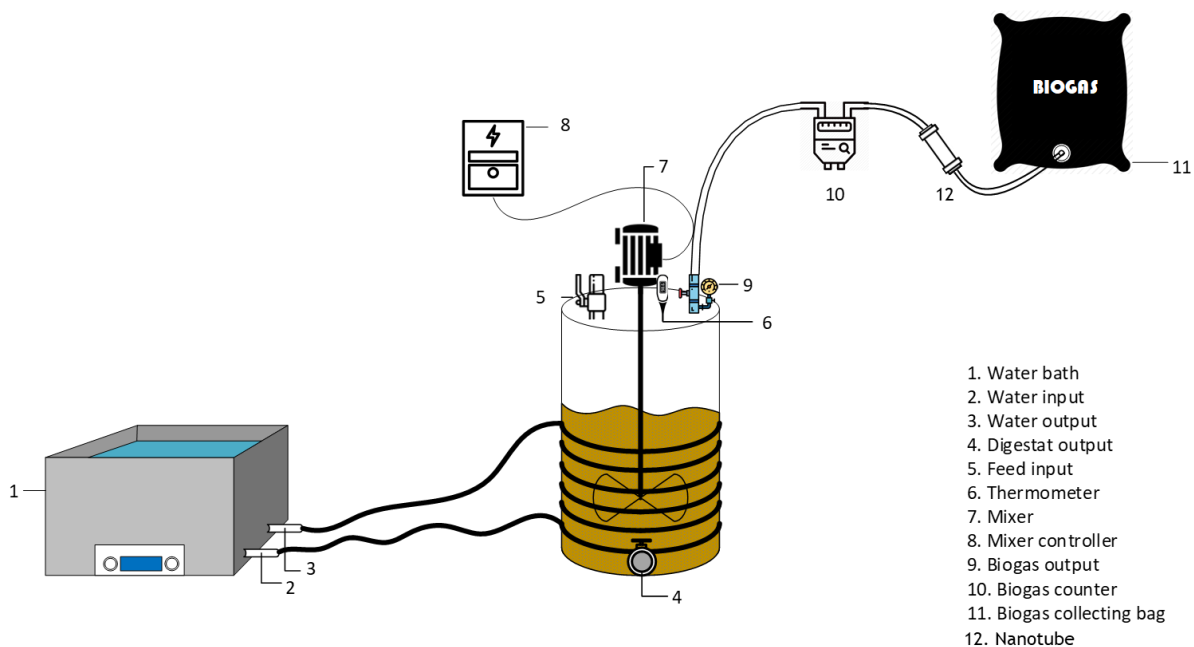


Fig. 1. Biogas production system

### 3. Results and Discussions

The morphology and the characterization of the functionalised h-BN nanoparticles were investigated by XRD, SEM and BET analyses. The XRD analysis result of h-BN nanoparticles are presented in Figure 2. The strong diffraction peaks at  $26.27^\circ$ ,  $41.56^\circ$ ,  $43.79^\circ$  can be easily indexed as a result of (002), (100), (101) peak intensity ratios from hexagonal structure of boron nitride [Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS)]. From the analysis of XRD, it could be finalized that h-BN nanoparticles have been efficaciously matched into literature ones.<sup>11</sup>

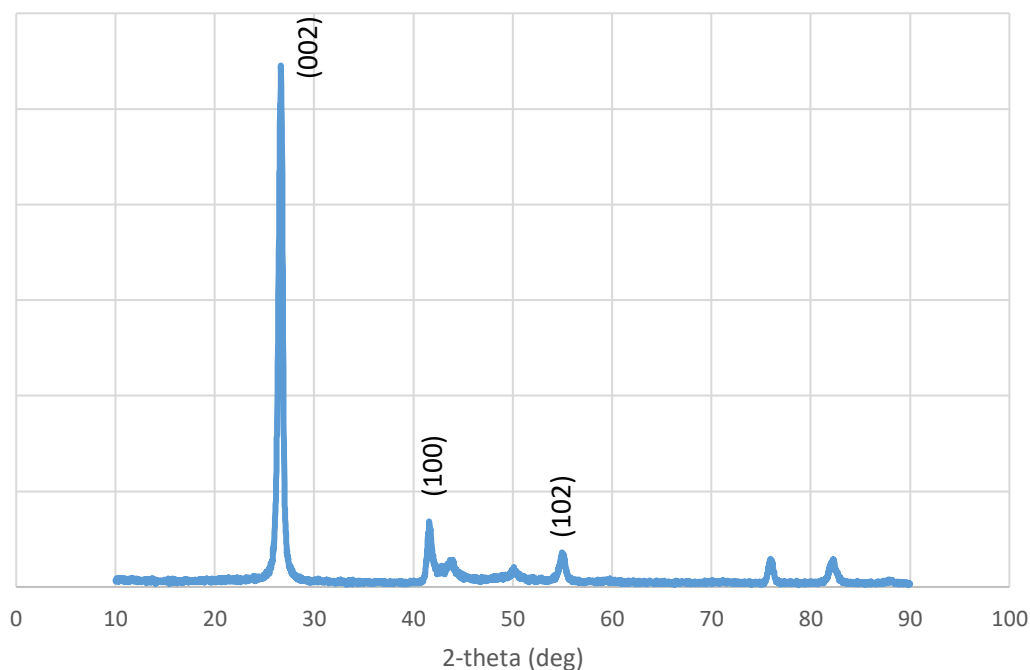


Fig.2. XRD analysis result of functionalised h-BN nanoparticles

Nanoparticles of h-BN is seen brightly on the SEM analysis in Figure 3. Strong acid treatment to h-BN nanoparticles contributes increasing porosity that allow ease of diffusion of biogas impurities especially through adjacent layer of h-BN nanoparticles, resulting in highly porous structure.

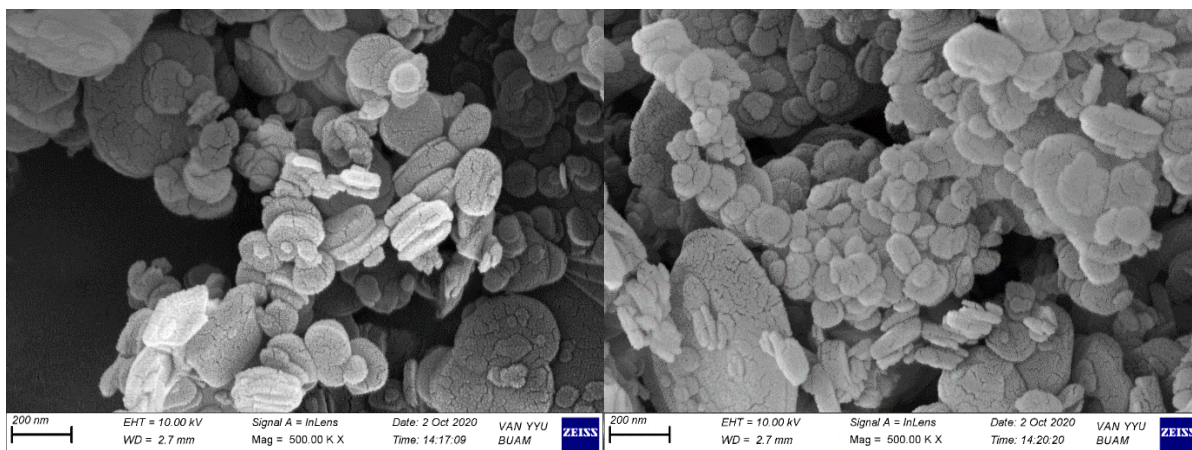


Fig.3. The SEM images of functionalised h-BN nanoparticles

The surface area of the functionalised h-BN nanoparticles were determined to be  $690.758 \text{ m}^2/\text{g}$  using the surface area calculation method of Brunauer-Emmett-Teller (BET) depending on the adsorption of  $\text{N}_2$  at 77K.

The Fig. 4. shows the daily amount of biogas produced and the Fig. 5. represents the total biogas amount calculated cumulatively. Maximum daily biogas production was achieved as 7 L/d at 8<sup>th</sup> day and cumulative biogas production was calculated as 46 L after 30 days.

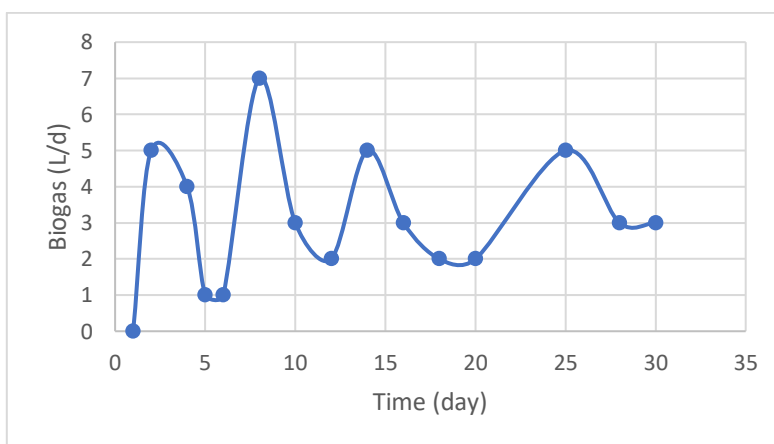


Fig.4. Biogas amount (Liter) per day

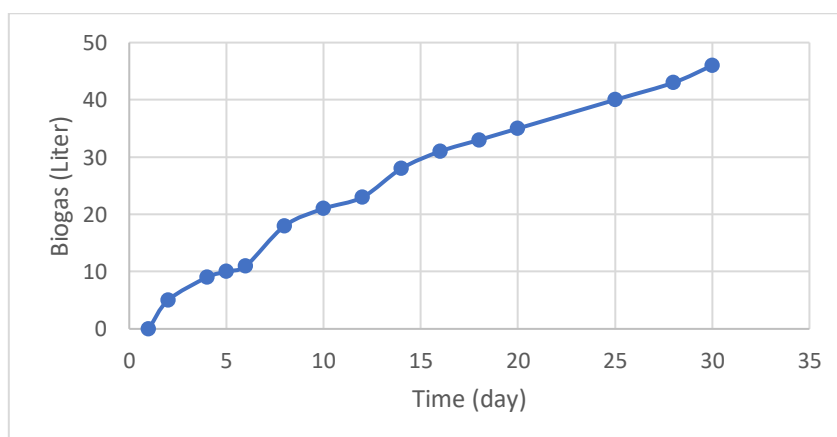


Fig.5. Total Biogas amount (Liter) cumulative

The CO<sub>2</sub> removal capacities of the functionalised h-BN nanoparticles are demonstrated in Figure 6. The amount of CO<sub>2</sub> in biogas measured before and after the functionalised h-BN nanoparticles which was inserted to the system. It was found that the CO<sub>2</sub> adsorption capacities of the nanoparticles was calculated as 20% by biogas analyser at the launch of the system. The highest CO<sub>2</sub> adsorption amount of the nanoparticles was measured as 28% on the 6th day of the process. The CO<sub>2</sub> removal efficiency of the nanoparticles was calculated as minimum %15 during the process. Furthermore, the h-BN nanoparticles provided an average of approximately 25% CO<sub>2</sub> removal. The effect of h-BN nanoparticles on H<sub>2</sub>S removal is represented in Fig.7. h-BN nanoparticles were very effective in removing H<sub>2</sub>S molecules in biogas. The H<sub>2</sub>S adsorption capacities of the nanoparticles was calculated as minimum of 73%. In addition, the highest H<sub>2</sub>S adsorption capacities of the functionalised nanoparticles were measured as 100% on the 25<sup>th</sup> day of the experiment.

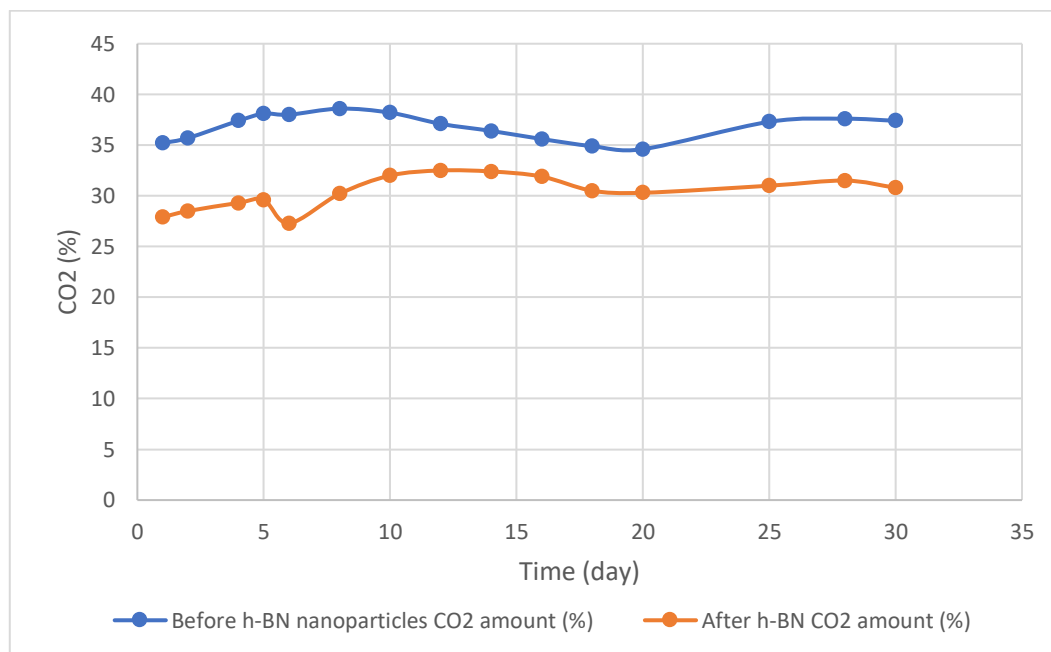


Fig.6. The effect of h-BN nanoparticles on CO<sub>2</sub> removal

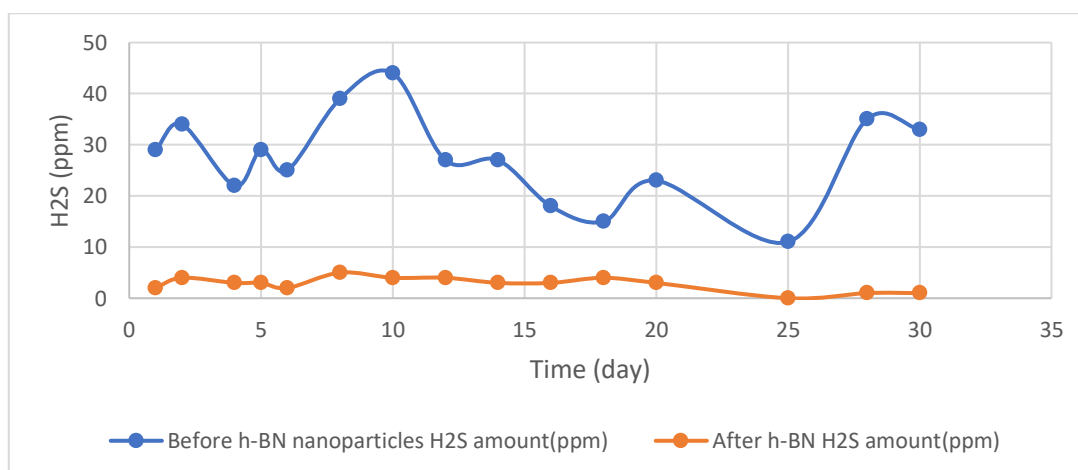


Fig.7. The effect of h-BN nanoparticles on H<sub>2</sub>S removal

#### 4. Conclusions

In this experimental study, the biogas production system was operated within 30 days in a pH range of 6,5-8. The h-BN nanoparticles were functionalised by HF, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> and HNO<sub>3</sub>. The functionalised nanoparticles were subjected to adsorption experiment of CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>S in the biogas production system. The adsorption capacities

of the functionalised h-BN nanoparticles were calculated by biogas analyser and the characterisation was performed by SEM, EDX, XRD and BET analyses. The results obtained in the present paper can be summarized as follows:

- It was seen that the removal efficiency of CO<sub>2</sub> was measured between 10-28%.
- CO<sub>2</sub> removal was measured as 20% at the beginning of the process, reached the highest value of 28% on the 6<sup>th</sup> day of the study, and then gradually decreased.
- The removal efficiency of H<sub>2</sub>S was measured between 73-100%.
- General H<sub>2</sub>S removal efficiency was generally stable and the highest value of 100% was reached on the 25<sup>th</sup> day.
- In the light of the data obtained from this experimental study that h-BN nanoparticles can be used efficiently in the conversion of biogas to natural gas in future studies.

## 5. REFERENCES

- [1] Christiano D. M. et. al. (2020). H<sub>2</sub>S adsorption on nanostructured iron oxide at room temperature for biogas purification: Application of renewable energy. *Renewable Energy*. 154, 151-160.
- [2] Van der Ha, D. et al. (2012). Conversion of biogas to bioproducts by algae and methane oxidizing bacteria. *Environmental Science & Technology*. 46, 13425–13431.
- [3] Hernández S. P. et. al. (2011) A novel ZnO-based adsorbent for biogas purification in H<sub>2</sub> production systems. *Chemical Engineering Journal*. 176-177, 272-279.
- [4] Zeppilli, M. et al. (2019) Two-side cathode microbial electrolysis cell for nutrients recovery and biogas upgrading. *Chemical Engineering Journal*. 370, 466–476.
- [5] Zhu, X. et al. (2019) Differences of methanogenesis between mesophilic and thermophilic in situ biogas-upgrading systems by hydrogen addition. *Journal of Industrial Microbiology & Biotechnology*. 46, 1569–1581.
- [6] G. Monteleone, et al., Deep H<sub>2</sub>S removal from biogas for molten carbonate fuel cell (MCFC) systems, *Chemical Engineering Journal*. 173 (2011) 407-414.
- [7] N. Abatzoglou, S. Boivin, A review of biogas purification processes, *Biofuels, Bioproducts & Biorefining* 3 (2009) 42–71.
- [8] N. Abatzoglou, S. Boivin, A review of biogas purification processes, *Biofuels Bioproducts Biorefining-Biofpr* 3 (2009) 42-71,
- [9] F.J. Gutierrez Ortiz, P.G. Aguilera, P. Ollero, Biogas desulfurization by adsorption on thermally treated sewage-sludge, *Separation and Purification Technology*. 123 (2014) 200- 213
- [10] X. Wei, R. Viadero, Synthesis of magnetite nanoparticles with ferric iron recovered from acid mine drainage: implications for environmental engineering, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering*. 294 (2007) 280.
- [11] Huang, C., Chen, C., Ye, X., Ye, W., Hu, J., Xu, C., Qiu, X. (2013). Stable colloidal boron nitride nanosheet dispersion and its potential application in catalysis. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(39), 12192-12197.

## Samsun'da COVID-19 kısıtlama döneminde partikül madde değişiminin izlenmesi

Hülya Aykaç Özen<sup>1\*</sup>(0000-0003-4990-6682), Bahtiyar Öztürk<sup>2</sup>(0000-0002-3385-0701)

<sup>\*1,2</sup> Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Samsun, Turkey

\*Sorumlu yazar e-mail: hulya.aykac@omu.edu.tr

### Özet

Tüm dünyada ölümcül bir hastalık etkisi ortaya koyan Koronavirüs ilk olarak 10 Mart 2020'de Türkiye'de görülmüştür. Ardından ülkemiz virüsün yayılmasını önlemek için birçok önlem açıklamıştır. Karantina döneminde hükümetin kararıyla hareketliliğin azalması sonucu hava kalitesi üzerinde bazı olumlu etkiler gözlenmiştir. Bu makale, Samsun'daki hava izleme istasyonları tarafından bildirilen PM<sub>10</sub> seviyelerini analiz etmektedir. Veriler, her istasyon için üç aylık bir döneme dayanmaktadır ve veriler 2018, 2019 ve 202 yılları ile karşılaştırılmaktadır. Üç aylık sürenin seçilmesinin nedeni, bu aylarda kısıtlayıcı önlemlerin alınmış olmasıdır. Çalışma, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Samsun'da kurulan dört ayrı istasyonda gerçekleştirildi. Sonuçlar, Atakum, Bafra, Tekkeköy ve Yüzüncüyıl hava izleme istasyonlarındaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun, kısıtlama döneminde ulusal sınır değeri (50 µg / m<sup>3</sup>) sırasıyla 1, 6, 18 ve 6 kat aştığını, buna karşılık Atakum, Bafra'daki, Tekkeköy ve Yüzüncüyıl hava izleme istasyonlarında, 2019 yılında aynı dönemde PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun ulusal sınır değeri (50 µg / m<sup>3</sup>) 9, 13, 34 ve 44 kez aştığı görülmüştür. Bu çalışma, COVID-19 kısıtlamalarının PM<sub>10</sub> kirleticisi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu vurgulamaktadır ve kısıtlama süresince en düşük değere ulaşmıştır. Sonuç olarak, aktivitelerin yukarıda bahsedilen kaynaklardan açığa çıkan PM<sub>10</sub> salınımını etkilediği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Partikül madde, COVID-19, Kısıtlama, Hava Kalitesi

### Monitoring of particulate matter changes during the COVID-19 lockdown period in Samsun

#### Abstract

Coronavirus is a deadly disease impacts all over the world first was confirmed in Turkey on 10 March 2020, then Turkish government declared lockdown measures in order to prevent the spread of virus. Reduction in mobility with the government decision during the lockdown period has shown some positive impact on air quality. This paper analyzes levels of PM<sub>10</sub> reported by air monitoring stations in Samsun. The data is based on three months of period for each stations and compares data to the same time period in 2019. The reasons for the selection of the three-months period of time is because restrictive measures were taken during these months. The study was carried out at four different stations in Samsun established by the Ministry of Environment and Urbanization. The results indicated that PM<sub>10</sub> concentration in Atakum, Bafra, Tekkeköy and Yüzüncüyıl air monitoring stations exceed the national limit value (50 µg/m<sup>3</sup>) as 1, 6, 18 and 6 times, respectively during the lockdown whereas PM<sub>10</sub> concentration in Atakum, Bafra, Tekkeköy and Yüzüncüyıl exceed the national limit value (50 µg/m<sup>3</sup>) 9,13, 34 and 44 times at the same period in 2019. This study emphasize that COVID-19 restrictions had a positive effect on the PM<sub>10</sub> pollutant and the PM<sub>10</sub> value reached the lowest value during the restriction period. It is thought that public activities affect the PM<sub>10</sub> release from the sources mentioned above.

**Keywords:** Particulate matter, COVID-19, Lockdown, Air quality

#### GİRİŞ

Koronavirüs (COVID-19), fiziksel temas, hava yolu vb. ile çok hızlı bulaşabilen bir pandemik hastalıktır (Munster ve ark., 2020). İlk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde tespit edilmiş ve ortaya çıkışından itibaren tüm dünyada enfekte insan sayısının hızla artmasına neden olmuştur (Singhal, 2020; Huang ve ark., 2020). Semptomları soğuk algınlığı ve nezleye benzese de, daha şiddetli solunum yolu enfeksiyonları, nörolojik hastalıklar, çoklu organ disfonksiyonu ve hatta ölümcül sonuçlar görülebilmektedir (Tsang ve ark.,2003; Cheng ve Shan,2020; Chen ve ark., 2020) . Dünya Sağlık Örgütü, 11 Mart 2020'de koronavirüsü "pandemik hastalık" olarak ilan etmiştir. Türkiye'de, ilk COVID-19 vakası 10 Mart 2020'de Sağlık Bakanı

tarafından açıklandı ve pandemi, enfeksiyon kontrolü ve izolasyon ölçümü hakkında genel halkı bilgilendirmek için Sağlık Bakanlığı tarafından COVID-19 Bilimsel Danışma Kurulu kurulmuştur.

Türkiye'de koronavirüs ortaya çıktığından bu yana Sağlık Bakanlığı ve Bilim Kurulu'nun önerileri ile vaka ve ölüm oranlarının düşürülmesi için birçok önlem alınmış ve uygulanmıştır. Hükümet, Türkiye'ye başka bir ülkeden giriş yapan vatandaşlara geçici otellerde 14 gün süreyle karantina uyguladı. Kronik hastalıkları olan hastalar, hamile ve emziren kadınlar ile 60 yaş üstü vatandaşlar idari izinli sayıldı. Öğrenciler arası teması önlemek için tüm okul ve üniversiteler geçici olarak kapatıldı ve yüz yüze eğitim yerine uzaktan eğitim sistemi uygulandı. Hükümet, 20 yaş altı çocuklar ve 65 yaş üstü yaşlılar için sokağa çıkma yasağı ilan etti. Ayrıca, fiziksel etkileşimi ortadan kaldırmak için hafta sonları halka sokağa çıkma yasağı getirildi. Virüsün yayılma oranını düşürmek için kamu ve özel sektör çalışanları için esnek çalışma saatleri belirlendi. Büyükşehir statüsündeki 30 ilde ve Zonguldak ilinde, gereksiz seyahatleri önlemek için şehir içi ve dışı tüm ulaşım sistemleri ile yasaklandı. Virüsün olası etkisini azaltmak için hükümet, pazardaki vatandaşlar ve çalışanlar için maske takmayı zorunlu hale getirdi ve ayrıca şiddetle tavsiye edilen en az bir metre sosyal mesafe kuralı uygulandı. Vatandaşların bir arada olma ihtimalinden dolayı hastalığın bulaşma riskini artıracakı düşünülen tiyatro, sinema, konser salonu, düğün salonu, cafe, çocuk oyun alanları, yüzme havuzu, masaj salonu, spor salonu vb. kapatıldı.

Yukarıda bahsedilen kısıtlama döneminde hareketliliğin azalması ile, trafik yoğunluğu ve endüstriyel faaliyetler azalmasına neden olmuş ve böylelikle hava kirletici konsantrasyonlarının değişiminde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Virüsün halk sağlığı için bir risk oluşturduğunu ve ekonomiyi ve sosyal faaliyetleri dramatik şekilde etkilemesine rağmen, yapılan son çalışmalar, salgının hava kalitesini olumlu şekilde etkilediğini göstermiştir (Saadat ve ark., 2020; Ficetola ve Rubolini, 2020; Bashir ve ark., 2020; Gupta ve ark., 2020). Pandemi dönemindeki hava kirletici seviyelerindeki değişiklikleri içeren çalışmalar aşağıda özetlenmiştir. Wang ve arkadaşları (2020), karantina döneminde COVID-19 salgını sırasında Çin'deki hava kalitesini incelemiş ve PM<sub>2.5</sub> değişimini araştırmak için 01 Ocak-12 Şubat 2020 tarihleri arasında Hava Kalitesi modelini uygulamıştır. Ulaşım ve hareketliliğin azalması gibi sınırlı insan faaliyetlerinin PM<sub>2.5</sub> konsantrasyonunu azaltmada önemli bir katkı yaptığı ortaya çıkmıştır. Xu ve arkadaşları (2020), COVID-19 hastalığının etkisi ile hava kalitesi arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çin'de üç farklı şehir üzerinde çalışarak ve salgının 2017-2020 yılları arasında Ocak ayında hava kirliliği üzerindeki etkisini inceleyerek üç şehrin hava kalitesi ve kirletici madde konsantrasyonu (PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, CO) üzerinde önemli bir etki gözlemlemişlerdir. Şehirlerin Ocak 2020'de ölçülen kirletici konsantrasyonlarını Ocak 2017–2019'dan daha düşük olduğu rapor etmişlerdir (Xu ve ark. 2020).

Bu araştırmanın temel amacı, karantina döneminde Samsun ili partikül madde değişiminin incelenmesidir. 2018, 2019 ve 2020 yıllarının 1 Mart ve 31 Mayıs döneminde dört farklı hava izleme istasyonunun partikül madde konsantrasyonları analiz edilerek, konsantrasyonundaki değişikliği değerlendirmek amacıyla pandemi öncesi ve pandemi dönemi karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

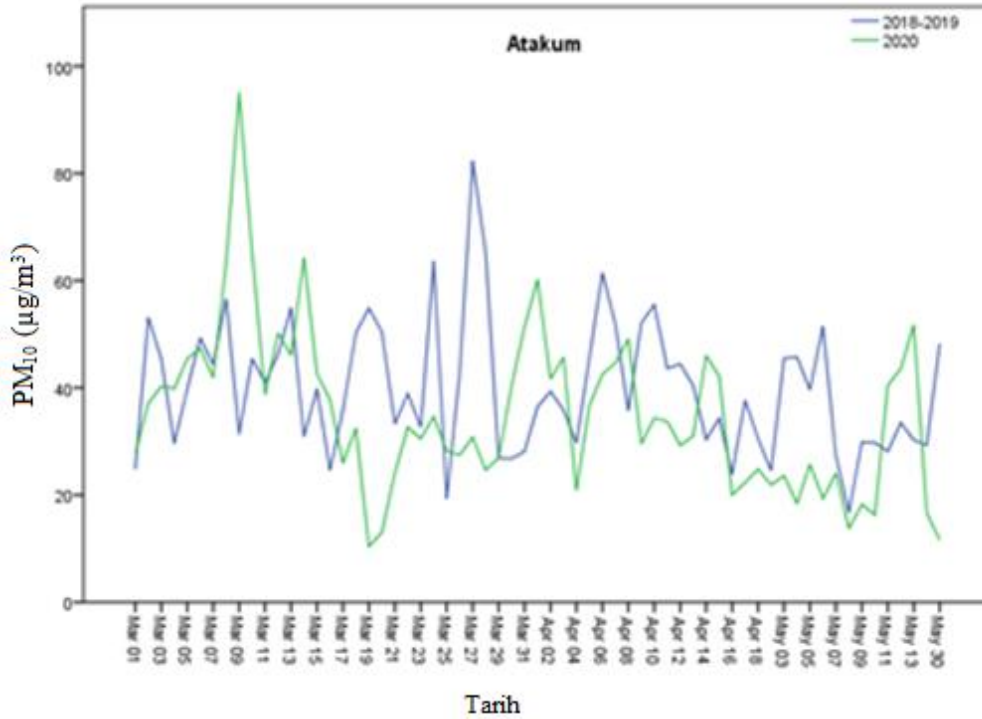
Çalışma, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Samsun'da kurulan dört farklı istasyonda (Tekkeköy, Atakum, Bafra ve Yüzüncüyıl) 1 Mart-31 Mayıs 2018-2020 yılları arasında gerçekleştirilmiştir. Son üç yıla ait verilerin seçilmesindeki amaç, benzer meteorolojik koşullarda ve aynı zaman diliminde kirletici konsantrasyon değişimini gözlemlemektir. Partikül madde konsantrasyon değişimi; karantina öncesi (2018 ve 2019 yılları Mart, Nisan ve Mayıs dönemi) ve karantina dönemi (2020 yılı Mart, Nisan ve Mayıs dönemi) olmak üzere iki açıdan değerlendirilmiştir.

Tekkeköy hava izleme istasyonu, Tekkeköy ilçesinde Olgunlar Parkı içinde kurulmuştur. Bu istasyon, kauçuk ve plastik ürünler, giyim ve tekstil ürünleri, cerrahi ve tıbbi aletler, gıda ve yem endüstrisi gibi geniş ürün yelpazesine sahip büyük bir organize sanayi bölgesinde yer almaktadır. Bu bölge aynı zamanda kamyon, kamyonet, şehir içi otobüs ve uzun seyahat otobüsü gibi tüm motorlu taşıtların bağlantı noktasıdır. Ayrıca bu bölgede çalışan sayısının fazla olması, özellikle trafiğin yoğun olduğu saatlerde yoğun bir trafiğe neden olmaktadır. Atakum hava izleme istasyonu, Esenevler semtinde SAMGAZ doğalgaz dağıtım şirketi binasının yanında yer almakta olup, restoranlar, okullar, alışveriş merkezi konut, kamu ve ticari binalar ile çevrilidir. İnşaatların, ticari alanların ve sosyal aktivitelerin artmasıyla bu bölgedeki insan yoğunluğu her geçen gün artmaktadır. Bafra hava izleme istasyonu, Atatürk Caddesi'ndeki Gençlik Merkezi Bahçesi'nde yer almaktadır.

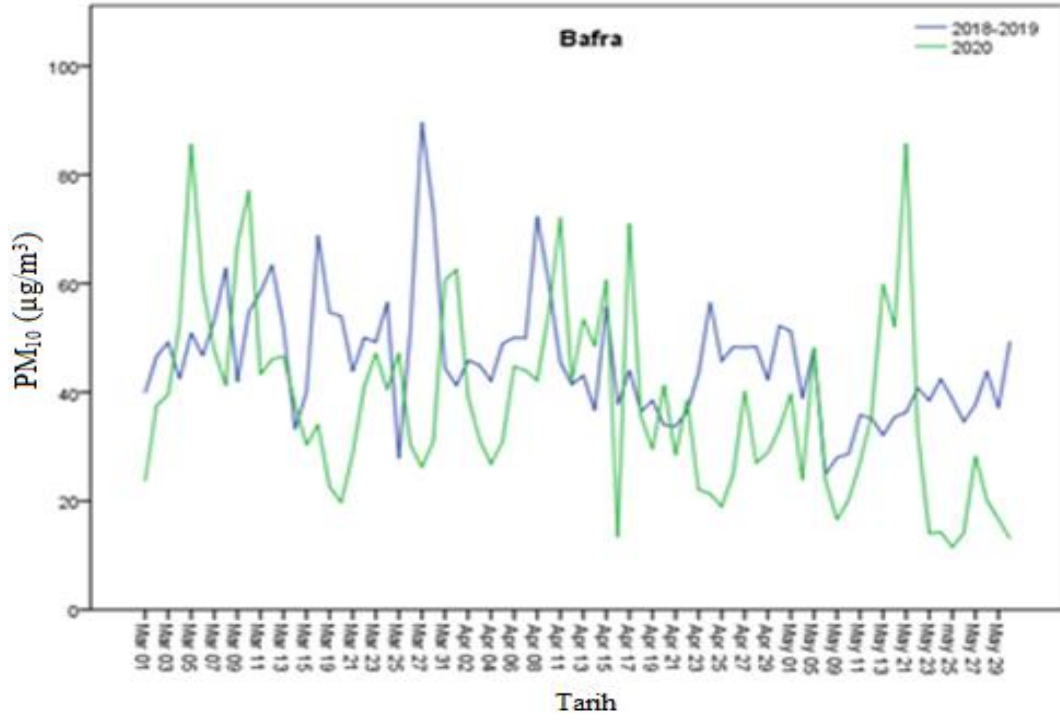
Tüm ulaşımın bağlantı noktası olduğu için tüm trafik bu caddeden işlemektedir. Ticari, kamusal, yerleşim alanları ve dar ana yollar, bu bölgede hava kalitesine önemli bir katkı sağlar. Yüzüncüyıl hava izleme istasyonu 100. cadde üzerinde yer almaktadır. Bu bölge şehir merkezinde olduğu için trafik yoğunluğu ve sirkülasyona neden olan kalabalık konut ve ticaret alanı ve sıkışık yollara sahiptir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

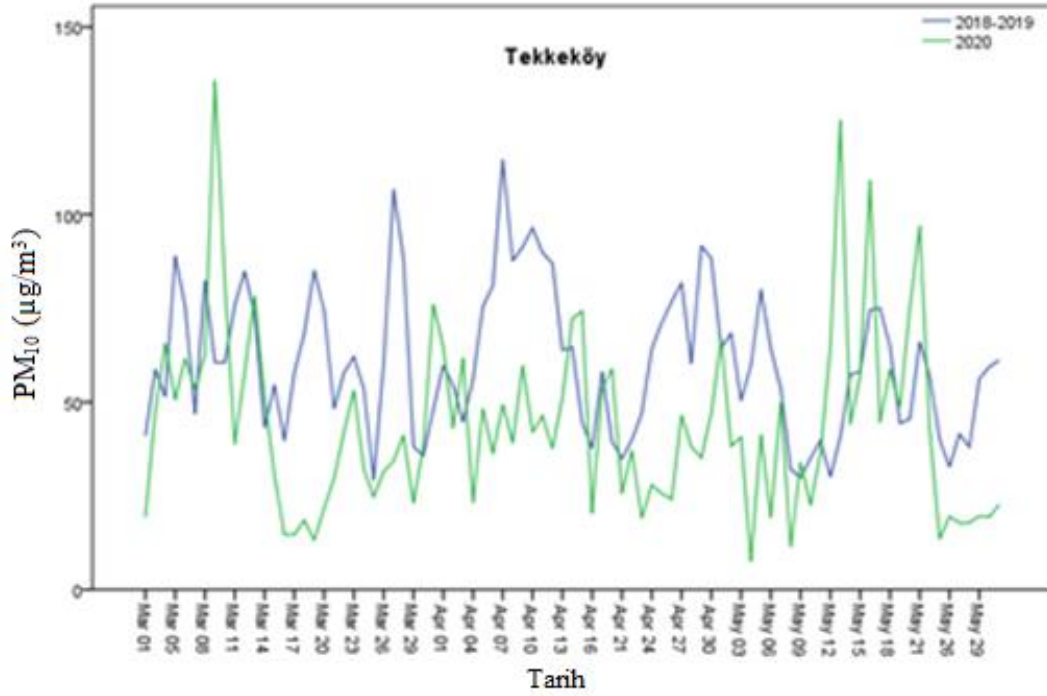
Şekil 1, Atakum hava izleme istasyonunda 2018 yılının Mart, Nisan ve Mayıs ayları ile 2019 yılının Mart, Nisan ve Mayıs ayları ortalamasını gösteren PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun günlük değişimini (Karantina öncesi) ve 2020 yılının Mart, Nisan ve Mayıs ayında günlük PM<sub>10</sub> değişimlerini (Karantina dönemi) temsil etmektedir. Karantina öncesi ortalama PM<sub>10</sub> konsantrasyonu 16,78 ile 82,36 µg/m<sup>3</sup> aralığında değişmiş ve ortalama değer 39,97 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Karantina döneminde ise, Atakum'da PM<sub>10</sub> konsantrasyonu 10,43 ile 95,04 µg/m<sup>3</sup> arasında değişim göstermiş ve ortalama değer 35,19 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. PM<sub>10</sub> konsantrasyonu, Bafra hava izleme istasyonunda 2018 ve 2019 yılları Mart, Nisan ve Mayıs aylarının ortalaması ve yine 2020 yılının Mart, Nisan ve Mayıs aylarındaki değerleri alınarak grafiksel olarak Şekil 2'de gösterilmektedir. Buna göre, karantina öncesi PM<sub>10</sub> günlük konsantrasyonu 24,94 ile 89,63 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmekte olup, ortalama değer 45,80 µg/m<sup>3</sup>'tür. Karantina döneminde, PM<sub>10</sub> değerleri 11,50 ile 85,75 µg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir ve ortalama değer 38,03 µg/m<sup>3</sup> olmuştur. Şekil 3'te gösterildiği gibi, Tekkeköy hava izleme istasyonu için karantina döneminden önce PM<sub>10</sub> konsantrasyonu, 29,25 ile 114,57 µg/m<sup>3</sup> arasında değişenlik göstermiş ve ortalama değer 60,62 µg/m<sup>3</sup> bulunmuştur. Karantina döneminde, PM<sub>10</sub> değerinin değişkenliği 7,5 ile 135,7 µg/m<sup>3</sup> arasında olmuş ve ortalama değer 43,56 µg/m<sup>3</sup>'tür. Şekil 4, Yüzüncüyıl hava izleme istasyonunda seçilen zaman periyodunda karantina öncesinde ve sırasında PM<sub>10</sub> konsantrasyonundaki değişiklikleri göstermektedir. Verilere göre, karantinadan önce PM<sub>10</sub> değeri 39,56 ile 122,08 µg/m<sup>3</sup> arasında değişim göstermekte ve ortalama değer ise 63,48 µg/m<sup>3</sup>'tür. Karantina döneminde, PM<sub>10</sub> kirletici 13,52 ve 110,57 µg/m<sup>3</sup> arasında değişirken, ortalama değer 48,43 µg/m<sup>3</sup>'tür.



Şekil 1. Atakum hava izleme istasyonunun pandemi öncesi ve pandemi dönemindeki günlük PM<sub>10</sub> konsantrasyon değişimi

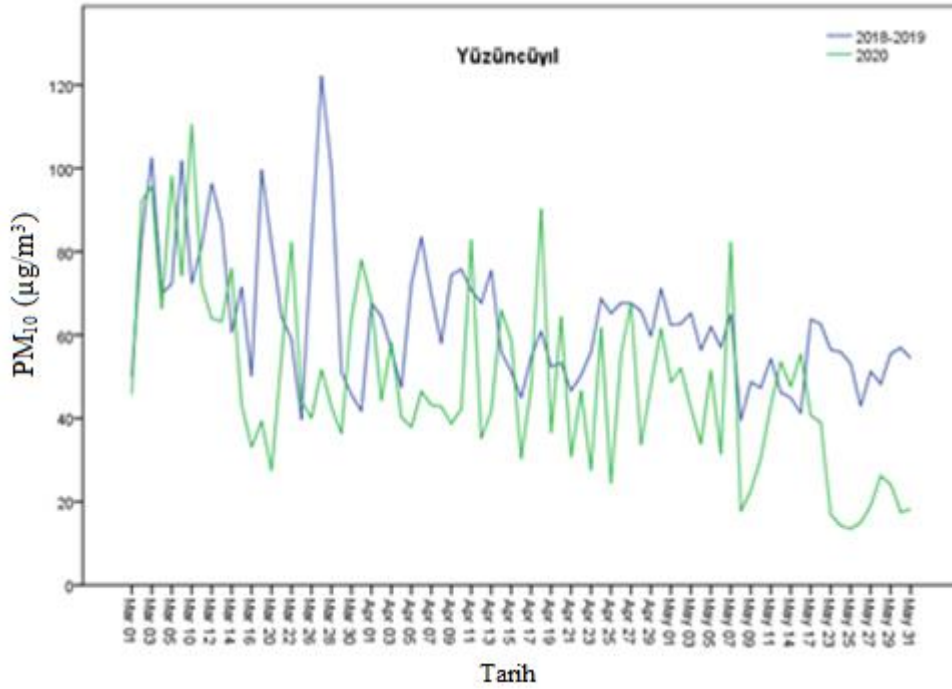


Şekil 2. Bafra hava izleme istasyonunun pandemi öncesi ve pandemi dönemindeki günlük PM<sub>10</sub> konsantrasyon değişimi



Şekil 3. Tekkeköy hava izleme istasyonunun pandemi öncesi ve pandemi dönemindeki günlük PM<sub>10</sub> konsantrasyon değişimi





Şekil 4. Yüzüncüyıl hava izleme istasyonunun pandemi öncesi ve pandemi dönemindeki günlük PM<sub>10</sub> konsantrasyon değişimi

## SONUÇ

Bu çalışmada, karantinanın hava kalitesi üzerindeki etkisini anlamak için 2018-2020 yıllarının aynı dönemi dikkate alınarak farklı dört hava izleme istasyonunda partikül madde konsantrasyon değişimleri incelenmiştir. Çalışma, karantina öncesi (1 Mart - 31 Mayıs 2018 ve 2019 yılları arasında ortalama partikül madde konsantrasyonu) ve karantina dönemi (1 Mart - 31 Mayıs 2020) olarak iki aşamada incelenmiştir. Veriler, her istasyon için üç aylık bir döneme dayanmaktadır. Üç aylık sürenin seçilmesinin nedeni, bu aylarda kısıtlayıcı önlemlerin alınmış olmasıdır. Çalışma, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından Samsun'da kurulan Atakum Tekkeköy, Bafra ve Yüzüncüyıl istasyonlarında gerçekleştirilmiştir. Yukarıdaki verilerden anlaşılacağı üzere, PM<sub>10</sub> kirletici konsantrasyonu, karantina döneminde her istasyonda daha düşük ortalama konsantrasyona sahiptir. Bu bilgiler ışığında, PM<sub>10</sub> ortalama konsantrasyonunun Atakum, Bafra, Tekkeköy ve Yüzüncüyıl hava izleme istasyonlarındaki düşüş oranı sırasıyla %11,96, %16,97, %27,65 ve %23,71 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca, Atakum, Bafra, Tekkeköy ve Yüzüncüyıl hava izleme istasyonlarındaki PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun, kısıtlama döneminde ulusal sınır değeri (50µg/m<sup>3</sup>) sırasıyla 1, 6, 18 ve 6 kat aştığını, buna karşılık Atakum, Bafra'daki, Tekkeköy ve Yüzüncüyıl hava izleme istasyonlarında, 2019 yılında aynı dönemde PM<sub>10</sub> konsantrasyonunun ulusal sınır değeri (50 µg/m<sup>3</sup>) 9, 13, 34 ve 44 kez aştığı görülmüştür. Bu sonuçlar, insan hareketlerinin azalması, trafik yoğunluğu ve endüstriyel ve sosyal faaliyetlerdeki sınırlılık nedeniyle karantina döneminin PM<sub>10</sub> konsantrasyonunu büyük ölçüde etkilediğini açıkça göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Bashir, M.F., et al., Correlation between environmental pollution indicators and COVID-19 pandemic: A brief study in Californian context. Environmental Research, 2020. 187: p. 109652.
- Chen, N., et al., Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study. Lancet, 2020. 395(10223): p. 507-513.
- Cheng, Z.J. and J. Shan, 2019 Novel coronavirus: where we are and what we know. Infection, 2020. 48(2): p. 155-163.
- Ficetola, G.F. and D. Rubolini, Climate affects global patterns of COVID-19 early outbreak dynamics. medRxiv, 2020: p. 2020.03.23.20040501.
- Gupta, N., A. Tomar, and V. Kumar, The effect of COVID-19 lockdown on the air environment in India. Global Journal of Environmental Science and Management, 2020. 6(Special Issue (Covid-19)): p. 31-40.

- Huang, C., et al., Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*, 2020. 395(10223): p. 497-506.
- Munster, V.J., et al., A Novel Coronavirus Emerging in China — Key Questions for Impact Assessment. *New England Journal of Medicine*, 2020. 382(8): p. 692-694.
- Saadat, S., D. Rawtani, and C.M. Hussain, Environmental perspective of COVID-19. *Science of The Total Environment*, 2020. 728: p. 138870.
- Singhal, T., A Review of Coronavirus Disease-2019 (COVID-19). *Indian journal of pediatrics*, 2020. 87(4): p. 281-286.
- Tsang, K.W., et al., A cluster of cases of severe acute respiratory syndrome in Hong Kong. *N Engl J Med*, 2003. 348(20): p. 1977-85.
- Wang P., et al., Severe air pollution events not avoided by reduced anthropogenic activities during COVID-19 outbreak, 2020, *Resources, Conservation and Recycling*, 158, 104814.
- Xu, K., et al., Air Quality Index, Indicatory Air Pollutants and Impact of COVID-19 Event on the Air Quality near Central China. *Aerosol and Air Quality Research*, 2020. 20(6): p. 1204-1221.

## DO-178B standardına uygun yazılımların doğrulama süreçlerinin analizi

Beste Selvi\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5864-1252>), Azmi Yüksel (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0698-4122>)

Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret A.Ş., Kalite, Test ve Süreç Yönetimi Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: beste.ozcaglar@stm.com.tr

### Özet

Literatürde, yazılım mühendislerinin kaliteli ve güvenli yazılım geliştirebilmeleri için tanımlanmış çeşitli standartlar ve yazılım geliştirme yaşam döngüleri bulunmaktadır. DO-178B, aviyonik yazılımlarda kaliteyi ve güvenliği arttırmak amacı ile 1992 yılında tanımlanmış bir standarttır. Uluslararası ortak hava sahasını kullanan sivil araçların yazılımlarını geliştiren şirketlerin, yazılım geliştirme süreçlerinde DO-178B standardını uygulamaları yasal bir zorunluluktur. Emniyet kritik seviyedeki, bu yazılımlarda küçük yazılım hataları bile kazalara yol açabilmektedir. Meydana gelen bu kazalar sonucunda insanlar yaralanabilir veya yaşamlarını kaybedebilir. İnsan hayatını doğrudan veya dolaylı olarak etkileyebilecek bu tür yazılımların doğrulama süreci büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, DO-178B standardı hakkında genel bir bilgi verilerek bu standarda uygun bir yazılımın, yazılım geliştirme yaşam döngüsü içerisindeki doğrulama süreci anlatılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** DO-178B, Aviyonik, Emniyet Kritik Yazılım, Doğrulama

### Analysis of verification processes of software conforming to DO-178B standard

#### Abstract

In the literature, there are various standards and software development life cycles defined for software engineers to develop quality and reliable software. DO-178B is a standard defined in 1992 in order to increase quality and security in avionics software. It is a legal obligation for companies that develop the software of civilian vehicles using the international common airspace to apply the DO-178B standard in their software development processes. In safety critical level software, even small software bugs can lead to accidents. As a result of these accidents, people can be injured or lose their lives. The verification process of such software, which can affect human life directly or indirectly, is of great importance. In this study, a general information about the DO-178B standard is given, and the verification process of a software in compliant with this standard within the software development life cycle is explained.

**Keywords:** DO-178B, Avionic, Safety Critical Software, Verification

#### 1. Giriş

Aviyonik sistemlerde emniyetli yazılıma sahip olmak en önemli unsurlardan biridir. Bu sistemlerde kullanılan yazılımlar emniyet kritik yazılımlardır. Bir yazılımın emniyet kritik olmasını, yazılımda oluşan küçük bir hatanın bile can kaybı gibi istenmeyen sonuçlara yol açabilecek olması belirler. O nedenle emniyet kritik olan aviyonik sistemlerde uçuşa elverişliliği sağlayacak bir standarda ihtiyaç duyulmaktadır. DO-178B Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification, aviyonik yazılımların geliştirilmesinde kullanılan, Radio Technical Commission of Aeronautics (RTCA) tarafından yayımlanmış uluslararası bir uçuşa elverişlilik sertifikasyonudur[1]. DO-178B'nin amacı, emniyetli yazılım geliştirmeye kaynak olmak ve ürünün hatalı üretilmesini en aza indirmektir. Ürünün kritik bir hata olmadan üretilmesini sağlamada doğrulama süreci büyük rol oynamaktadır. DO-178B standardına uygun yazılımların doğrulama sürecinin işletilmesi, hataların yazılım yaşam döngüsünün erken safhalarında bulunmasını sağlar. Doğrulama süreci; gözden geçirmeler, analizler, test durumlarının hazırlanması ve test durumlarının koşulmasından oluşmaktadır. Gözden geçirme ve analiz süreci yazılım gereksinimlerinin, yazılım mimarisinin ve kaynak kodun doğru, eksiksiz ve doğrulanabilir olduğunu gösterir. Test durumları oluşturulurken gereksinimlerin kapsanmasına, test durumlarının yazılımda hata buldurmaya yönelik olmasına dikkat edilir. Test koşulunda ise yazılımın ve

test durumlarının gereksinimlerle uyumluluğu demonstrasyon yöntemi ile gösterilir. Demonstrasyon yöntemi, yazılımın test prosedüründeki beklenen sonucu karşılayıp karşılamadığını gösterir.

DO-178B doğrulama sürecinin ayırt edici özelliği test kapsama analizinin yapıyor olmasıdır. Test kapsamı analizi, test senaryolarının uygulanmasının ne kadarını kapsadığını belirler. Uygulanacak olan test kapsama analizleri yazılımın emniyet kritiklik seviyesine göre farklılık göstermektedir. Emniyet kritiklik seviyesine uygun bir test kapsama analizi kullanılarak yazılımın güvenilirliği garanti altına alınmaktadır. Bu çalışma kapsamında öncelikle DO-178B tanıtılacaktır ve ardından DO-178B’de tanımlı olan yazılım geliştirme sürecine uygun şekilde geliştirilmekte olan yazılımın doğrulama süreci anlatılacaktır.

## 2. DO-178B Standardı

DO-178B, uçuşa elverişlilik gerekliliklerini barındıran, kaliteli ve güvenli bir yazılım üretebilmek için yazılım yaşam döngüsünün detaylı olarak tanımlandığı, yazılım doğrulama sürecinin anlatıldığı bir rehber dokümandır[1]. Avrupa’da EUROCAE (European Organization for Civil Aviation Equipment) tarafından ED-12B olarak yayımlanmıştır. RTCA ve EUROCAE bu dokümanı ortak geliştirmiş olsa da farklı isimlerle yayımlanmışlardır[2]. Uluslararası ortak hava sahasını kullanan sivil araçların yazılımlarında kullanılan DO-178B, zamanla sadece sivil araçlarda değil ortak hava sahası kullanmayan askeri araçların da yazılımlarında kullanılmaya başlanmıştır. DO-178B’nin amacı, uçuşa elverişlilik gerekliliklerine uygun bir güvenlik seviyesi ile hava sistemlerinin yazılım geliştirme sürecine bir standart olmasıdır.

### 2.1 DO-178B Yazılım Emniyet Seviyeleri

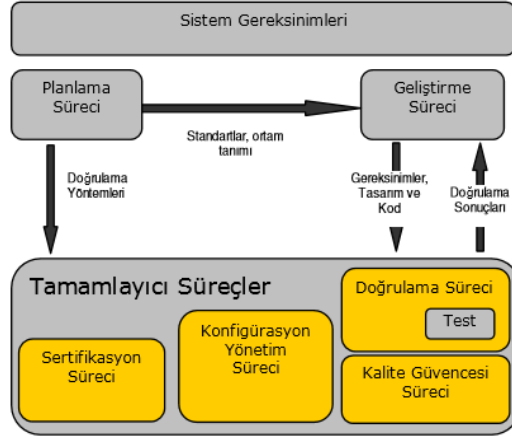
Geliştirilecek olan yazılımın emniyet kritiklik seviyesinin belirlenmesi gerekmektedir. Yazılım geliştirme ve doğrulama faaliyetleri kritiklik seviyesine göre değişiklik göstermektedir. Kritiklik seviyesi arttıkça daha kapsamlı ve detaylı bir geliştirme ve doğrulama süreci işletilmektedir. Yazılım emniyet kritiklik seviyeleri ve hata sınıflandırmaları Tablo 1’de detaylandırılmıştır[1].

**Tablo 1.** Yazılım Emniyet Seviyeleri ve Hata Sınıflandırmaları

Seviye	Sınıf	Seviyenin Etkisi	Hedef
A	Ölümcül (Catastrophic)	Uçağın düşmesi, can kaybı vb.	66
B	Tehlikeli (Hazardous)	Yolcuların/mürettebatın yaralanması vb.	65
C	Büyük (Major)	Uçuş yönetim sisteminin çökmesi ve bunun sonucunda pilotun sistemi ve uçuşu manuel yönetmesi vb.	57
D	Küçük (Minor)	Pilot-yer iletişiminin manuel yapılması vb.	28
E	Etkisiz (No Effect)	Uçuştaki yolcu monitörlerinin çalışmaması vb.	0

### 2.2 DO-178B Yazılım Yaşam Döngüsü

Yazılım yaşam döngüsü, bir yazılımın geliştirilirken uygulanması gereken süreçler bütünüdür. Yazılım geliştirilirken planlama, analiz, geliştirme, test ve bakım süreçleri işletilmektedir.[3] DO-178B’de yazılım yaşam döngüsü planlama, geliştirme ve integral(tamamlayıcı) süreç olmak üzere 3 aşamadan oluşmaktadır. Süreç haritası Şekil 1’de verilmiştir[4].



Şekil 1. DO-178B Süreç Haritası

### 2.2.1 Planlama Süreci

- Planlama aşamasında yazılım geliştirme ve integral süreçlerinin tanımlamaları yapılır.
- Yazılım emniyet seviyeleri belirlenir ve sistem gereksinimleri ile ilişkilendirilir.
- Yazılımda kullanılacak olan araçların, programlama dilinin, yazılımın geliştirileceği ortamın, tasarım metodolojilerinin belirlenmesi, kaynak planlaması, geliştirme süreci ve integral süreç arasındaki bağlantının oluşturulması gibi aktiviteler gerçekleştirilir.

### 2.2.2 Geliştirme Süreci

- High level (HLR) ve low level (LLR) gereksinimler belirlenir. High level gereksinimler yazılımın ne yapılacağı tanımlanır; low level gereksinimlerde ise yazılımın nasıl yapılacağı tanımlanır. LLR'ler HLR'den türetilmiş ve detaylandırılmış gereksinimlerdir.
- Geliştirme sürecinde yazılım kodu tasarım detayı içeren LLR'lere göre üretilir.
- Geliştirme sürecinde yazılan kodlar hedef bilgisayara aktararak donanım ile yazılım arasındaki entegrasyon sağlanır.

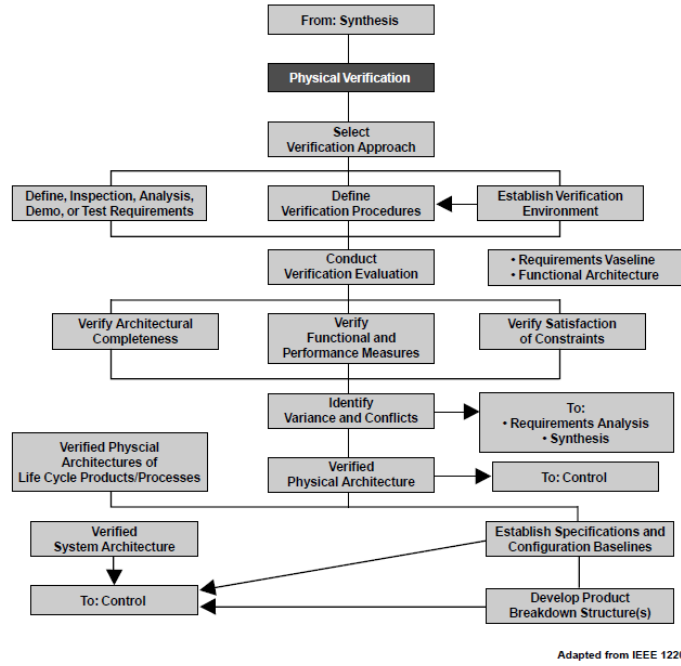
### 2.2.3 İntegral(Tamamlayıcı) Süreçler

İntegral(tamamlayıcı) süreç 4 ayrı sürecin birleşiminden oluşmaktadır. Bunlar doğrulama, konfigürasyon yönetimi, kalite ve güvence, sertifikasyon süreçleridir. Doğrulama sürecinde gereksinimlere bağlı olarak gereksinimleri karşılamaya ve yazılımda hata yakalamaya yönelik test durumları oluşturulur. Hatalar raporlanır ve hata takibi sağlanır. Konfigürasyon Yönetimi sürecinde dokümanların, kodun, geliştirme ortamlarının, donanımların, yazılımların versiyonlanması ve arşivlenmesi sağlanır. Kalite Güvence sürecinde DO-178B sürecine uyumluluğu kontrol etmek için gözden geçirmeler ve denetimler gerçekleştirilir. Sertifikasyon sürecinde sertifikasyon yetkilileri ile iletişim kurularak DO-178B'ye uygunluk ispatlanır. Uygunluk ispatlandığı takdirde yazılıma DO-178B sertifikasyonu verilir.

## 3. Yazılım Doğrulanması

Doğrulama(verification), yazılımın doğru bir şekilde üretilip üretilmediğinin yazılım geliştirme sürecinin başından itibaren dinamik olarak kontrol edilmesidir. Doğrulama sürecinde yazılımın gereksinimlerde belirtilen özellikleri karşılayıp karşılamadığı kontrol edilir. Doğrulama esnasında yazılım ile gereksinim uyumsuzluğu tespit edilirse uyumsuzluğun neyden kaynaklı olduğu analiz edilerek test planında, test durumlarında, yazılımda veya gereksinimlerde gerekli değişiklikler yapılır. Doğrulama süreci hataların erken tespit edilmesini sağlayan önemli bir süreçtir. Dört farklı doğrulama metodu bulunmaktadır. Bunlar analiz,

muayene, demonstrasyon ve test metodlarıdır. Analiz metodunda sayısal metodlar ve modelleme yöntemi kullanılarak sistemin gereksinimleri karşılayıp karşılamadığı kontrol edilir. Muayene metodunda yazılımdaki arayüz öğeleri gözlemlenir. Demonstrasyon metodunda yazılımın gereksinimlere uygun olarak bütün fonksiyonel özellikleri kontrol edilir. Test metodu, demonstrasyonun çoklu hali olarak nitelendirilebilir. Birden fazla test prosedürü aynı anda çalıştırılarak sistemin performansı test edilir. Şekil 2’de verifikasyon sürecinin akış şeması gösterilmiştir[5].



Şekil 2. Verifikasyon Akış Şeması

#### 4. DO178B ile Yazılım Doğrulaması

DO-178B, emniyet kritik olan aviyonik sistemler için oluşturulmuş bir standart olduğu için yazılımın doğrulanmasındaki en önemli amaç “güvenli” yazılım çıkartıldığından emin olmaktır. Bu nedenle doğrulama sürecinde uygulanması gereken ek basamaklar bulunmaktadır. DO-178B’de tanımlı olan yazılım doğrulama süreci; gözden geçirmelerden, analizlerden, test durumlarının oluşturulmasından ve çalıştırılmasından(test execution) oluşmaktadır. Gözden geçirme sürecinde dokümanların ya da kodun projedeki doküman/kod sahibi çalışanlar dışındaki kişiler tarafından kontrolü sağlanır. Bu şekilde kod veya doküman yayımlanmadan önce farklı bakış açıları ile gözden geçirilmiş olur ve olası hataların fark edilmesi sağlanır. Analiz sürecinde yazılımın fonksiyonel özelliklerinin, performansının, izlenebilirliklerinin, emniyet gerekliliklerinin incelemesi yapılır. Test durumları oluşturulurken sınır değer kontrolü sağlayan, fonksiyonların karakteristik özelliklerini kontrol eden, koşullu fonksiyonlara hem doğru hem de yanlış sonucu verdiren, yazılımda hata oluşturmaya yönelik test prosedürleri yazılır. Bunların yanında yazılımı zorlayan, sınırın dışında verilerin kullanıldığı ve anormal koşulların test edildiği test prosedürlerinin de olması gerekmektedir. Bu tarz testlere dayanıklılık(robustness) test denir. Dayanıklılık testlerinin gerçekleştirilmesi DO-178B ile yazılım doğrulama sürecinin ayırt edici özelliklerinden biridir. Doğrulama sürecinin son adımda ise yazılan tüm test durumları çalıştırılarak çıkan sonuçlar raporlanır.

##### 4.1 Test Durumlarının Oluşturulması

Test durumları oluşturulurken gereksinimler baz alınır. Gereksinimlere göre 3 farklı test üretimi gerçekleştirilir.

###### 4.1.1 Donanım/Yazılım Entegrasyon Testi (Hardware/Software Integration Test)

Yazılımın yüklendiği ve çalıştırıldığı donanımda meydana gelen hataları yakalamayı hedefleyen test durumları oluşturulur. Hedef donanımda yüklü olan yazılımın HLR’leri doğru şekilde karşılayıp karşılamadığı

test edilir. Bu test sonucunda donanım ile yazılım arayüzündeki hatalı davranışlar, yazılımın çalışma zamanındaki (execution time) hatalar, donanımdaki bellek yönetiminde oluşan hatalar vb. ortaya çıkartılır.

#### 4.1.2 Yazılım Entegrasyon Testi (Software Integration Test)

Yazılım bileşenlerinin birbirleri ile doğru şekilde çalışabildiklerini test eden test durumları oluşturulur. Bu test sonucunda veri bozuklukları, bileşenler arası fonksiyonların yanlış sıra ile çalışması, değişkenlerin yanlış ilklendirilmesi vb. hatalar ortaya çıkartılır.

#### 4.1.3 Alt Seviye Testler (Low Level Test)

Yazılımdaki her bileşenin LLR'lere uygun çalışıp çalışmadığını gösteren test durumları oluşturulur. Bu test sonucunda algoritma ve dizayn hataları, yanlış döngüler ve mantık hataları, gönderilen veriye yazılımın yanlış cevap döndürmesi vb. hatalar ortaya çıkartılır.

#### 4.2 Test Kapsama Analizi

DO-178B'nin yazılım doğrulama süreci içerisinde test kapsama analizleri yapılır. Test kapsamı analizi, test senaryolarının uygulamanın ne kadarını kapsadığını belirler. Dokümanda 2 farklı tip test kapsama analizi tanımlanmıştır: Gereksinim Tabanlı Test Kapsama Analizi ve Yapısal Kapsama Analizi. Gereksinim tabanlı test kapsama analizi test durumlarının yazılım gereksinimlerini ne kadar iyi kapsadığı analiz edilir. Gereksinimler ile test durumları arasındaki izlenebilirliklerin kurularak eksik gereksinimlerin kalmaması sağlanır. Yapısal kapsama analizinde ise gereksinimin izlenebilirliği kurulmuş test durumlarının, uygulama kodunun ne kadarını kapsadığı analiz edilir. Tablo 2'de yazılım emniyet seviyelerine göre kullanılan yapısal kapsama analizleri gösterilmiştir. Seviye arttıkça yazılımın kompleksliği de artacaktır. Kompleks bir kodu test edebilmek için çok fazla sayıda test durumu oluşturmak gerekecektir. Optimal bir sonuç elde edebilmek için her seviyeye uygun kapsama analizi kullanılmalıdır. Örneğin, A seviye bir yazılım için 3 farklı yapısal kapsama analizi kullanmak gerekirken C seviye bir yazılım için 1 tane kapsama analizi kullanmak gerekmektedir.

**Tablo 2. Yazılım Emniyet Seviyelerine Göre Kullanılan Yapısal Kapsama Analizleri**

Seviye	Yapısal Kapsama Analizi
A	Modified Condition Decision Coverage (MCDC) Decision Coverage Statement Coverage
B	Decision Coverage Statement Coverage
C	Statement Coverage
D	Gerekli değil
E	Gerekli değil

Yapılan test kapsama analizleri aşağıda listelenen sonuçların elde edilmesine yardımcı olmaktadır:

- Gereksinimlerin tamamını kapsamayan test durumları yakalanır ve gerekli eklemeler yapılır.
- Yetersiz ya da eksik olan gereksinimler ortaya çıkar. Buna bağlı olarak yeni test durumları yaratılır veya var olan test durumları güncellenir.
- Kodun herhangi bir yerinde çağrılmayan ve kullanılmayan kodların fark edilip gereksiz olan kod parçacıklarının silinmesi sağlanır.

## 5. Sonuç

Emniyet kritik sistemler geliştirilirken oluşabilecek yazılım hataları, insanı doğrudan etkilediğinden dolayı yaralanmalara veya can kayıplarına yol açabilirler. Bu nedenle bu sistemlerin geliştirilme aşamasında, emniyet kritiklik seviyelerine göre belirlenen farklı doğrulama süreçleri uygulanması gereklidir. DO-178B, aviyonik yazılımlarda kaliteyi ve güvenliğini arttırmak amacı ile tanımlanmış bir standarttır. Bu çalışmada, DO-178B standardından kısaca bahsedilerek, bu standarda uygun bir yazılım geliştirilirken uygulanması gereken doğrulama süreci anlatılmıştır. DO-178B süreçlerinin, çevik metodoloji gibi modern proje geliştirme yöntemleri ile birlikte kullanımı ve çevik yöntemlerde doğrulama süreçleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.

## 6. Referanslar

- [1] Pişken, M. U., & Ata, B. Türkiye’de DO-178B Uyumlu Yazılım Sertifikasyon Projelerinde Planlama Sürecinde Yaşanan Problemler.
- [2] L.A. Johnson, Do-178B Software Considerations in Airborne Systems And Equipment Certification, Crosstalk. <http://www.dcs.gla.ac.uk/~johnson/teaching/safety/reports/schad.html>
- [3] RTCA, “Software Considerations in Airborne Systems and Equipment Certification”, 1 Aralık 1992
- [4] ÖZKÖK, Y. İ., & CEYLAN, S. (2008). DO-178B Tanımı ve İçeriği. In DO-178B Standardına Uygun Yazılım Geliştirme (p. 4). ANKARA, Turkey: YKGS2008.
- [5] Verification Process. (2018, Mayıs 11). AcqNotes. <http://acqnotes.com/acqnote/careerfields/verification-process>



## A study of some physical, chemical and microbiological properties of cooked chicken döner kebab sold in Kilis market

Anıl Uzun Özcan<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4039-9389>), Filiz Uçan Türkmen<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3653-9433>)

<sup>\*1</sup> Kilis 7 Aralık University, Yusuf Şerefoğlu Health Sciences Faculty, Nutrition and Dietetics Department, Kilis, Turkey.

<sup>2</sup> Kilis 7 Aralık University, Faculty of Arts and Sciences, Molecular Biology and Genetics Department, Kilis, Turkey.

[5]

\*Corresponding author e-mail: [aniluzunozcan@kilis.edu.tr](mailto:aniluzunozcan@kilis.edu.tr)

### Abstract

The objective of this study was to determine some physical, chemical and microbial quality of cooked chicken döner kebab sold in Kilis market. In the study, 25 pieces of cooked chicken döner kebab were collected from sale points mostly fast food restaurants in Kilis. The pH values of the chicken döner kebab samples ranged from 5.5 to 6.9, color values were measured on the inner surface of the chicken döner as: the L\* value is 45.33, the a\* value is 11.83, the b\* value is 23.24 and TBARS (thiobarbituric acid reactive substance) value was found to be in the range of 0.20-1.82 mg MDA/kg. During putrefaction determination tests, chicken döner kebab samples did not show color change meaning there wasn't putrefaction in the samples. The numbers of total mesophilic aerobic bacteria and coliform bacteria were varied between 2.17-7.16 log cfu/g and <1.69-3.30 log cfu/g, respectively. The results of study showed that the units that sell cooked chicken döner kebab in Kilis market should pay more attention to the hygiene criteria.

**Keywords:** chicken döner kebab, total mesophilic aerobic bacteria, total coliform, TBARS

### INTRODUCTION

Animal origin products are the leading products required for human health and nutrition. Chicken meat, one of these products, is one of the most important sources of animal protein that should be consumed for physical and mental development and healthy and balanced nutrition. Chicken meat consumption is increased due to reasons such as low fat, high protein value, rich in vitamins and minerals, ease of preparation, being used in a wide variety of dishes and being much more affordable than red meat. The rate of population growth and consumption patterns, the food industry the scope has grown both technologically and the fast food sector has become widespread. Many food items have adapted to this process and can be consumed quickly. Döner kebab, a traditional food of Turkish cuisine, also adapts to this process and has been one of the foods that have been transformed (Yılmaz, 2012).

Döner is a traditional Middle Eastern meat product, which is consumed widely in Turkey and many parts of the world. Although döner appeals people who are accustomed to the Anatolian culture, it has become a competitor in the fast-food market. Döner has begun to consume frequently all over the world especially in Germany, Greek, UK, US, Canada, Pakistan and Arabia where is known by other names, such as; gyro, donair, dona kebab, shawarma and chawarma. According to 2015 statistics, the consumption rate of döner was 500 ton per day in Turkey. In addition, the number of döner sale points was more than 25000 for Germany and 50000 for Europe (Soncu et al., 2016).

Döner is traditionally made from lamb, veal, beef, or poultry meat or by mixing them at certain proportions in the presence of onion, pepper, tomatoes, and other spices. As an extra flavor, several other spices (white pepper, black pepper, cumin, allspice, curry, and thyme), tomato paste or juice, milk powder, lemon juice, yoghurt, chicken egg and sugar may be added. Although döner made from beef, veal, or lamb meat are the most common, the use of chicken meat in döner production has become very popular because it is cheap and digested easily. Beef döner is a tasty meal but its comparatively high fat content makes it not a very healthy choice. It is suggested that, the higher fat intake increases risk of certain types of cancer, and coronary heart disease (Karaca Demircioğlu et al., 2013).

Although döner made from beef, veal, or lamb meat are the most common, the use of chicken meat in döner production has become very popular because it is cheap and digested easily (Kayisoglu et al., 2003; Kilic,

2003). Moreover, chicken meat has low fat, high protein value, rich in vitamins and minerals, ease of preparation, being used in a wide variety of dishes and being much more affordable than red meat

Döner is prepared by mixing minced and/or flattened meat (beef and/or lamb, poultry) and animal fat, seasoned and molded vertically around a skewer to form a cone shape, and then cooked rotating vertically in front of a heating element powered by electric, gas or charcoal (Anonymous 2006a, b). This gradually cooked meat is then cut into thin slices on a collection tray, which are served either on a plate, or as a fast food sandwich with herbs, salads or dressings (Elmalı et al., 2005). In this study, our purpose is to determine some physical, chemical and microbial quality of cooked chicken döner kebab sold in Kilis market.

## **MATERIALS AND METHODS**

A total of 25 samples of cooked chicken döner kebabs were collected randomly from different restaurants in the city of Kilis, Turkey. Samples like a consumer from producers (without garnish and bread) were taken into sterile containers and cold brought to the laboratory in the chain. Samples were hold on at  $4 \pm 1$  ° C until their analysis done (up to half an hour). The analysis of pH, color, lipid oxidation (TBARS), putrefaction test, Total Aerobic Mesophilic Bacteria Count (TAMBC) and Total Coliform Count (TC) were performed on samples.

### **pH Value**

The pH value of the sample was examined using a pH meter (Jenway 3010; Jenway LTD, Essex, UK) equipped with a J95, 924001 electrode (Jenway LTD, Essex, UK). The measurement of pH value was carried out on 10 g of sample homogenised in distilled water (1/10: sample/water).

### **Color Value**

Color measurement (Hunter L\*, a\*, b\*) were made by using a Hunter lab ColorFlex (A60-1010-615 Model calorimeter, Hunter lab, Reston, VA). The Hunter L\*, a\*, b\* correspond to lightness (L\*), greenness (-a\*) or redness (+a\*), and blueness (-b\*) or yellowness, (+b\*), respectively.

### **Lipid Oxidation (TBARS)**

Standard calibration curve was being formed. Then, about 1 g of the sample was taken and homogenized with 5 ml of 10% TCA. Homogenized solution was centrifuged for 20 minutes. About 2 ml supernatant was taken and mixed with 2 ml of 1% TBA. It was placed into water bath at 95 °C and waited for 30 minutes. At the end of this period, shock cold was applied to standard samples. Finally, absorbance value was read at 532 nm against blank and TBARS values of sample was determined by UV36 Vis spectrophotometer (SP-3000 Optima, 50/60 Hz, 96 W, Japan) using calibration curve.

### **Putrefaction Test**

Some sections were taken from the chicken döner samples and a few drops of Nessler solution were dropped on it and it was observed whether there was a color change by waiting for 5 minutes.

### **Total Aerobic Mesophilic Bacteria Count (TAMBC)**

Dilutions were spread on duplicate plates of nutrient agar (Sisco Research Laboratories, India). Total mesophilic aerobic plate count were incubated at 37 °C for 2 days. Data was represented in log of colony forming units (cfu) per g of cooked chicken döner kebab.

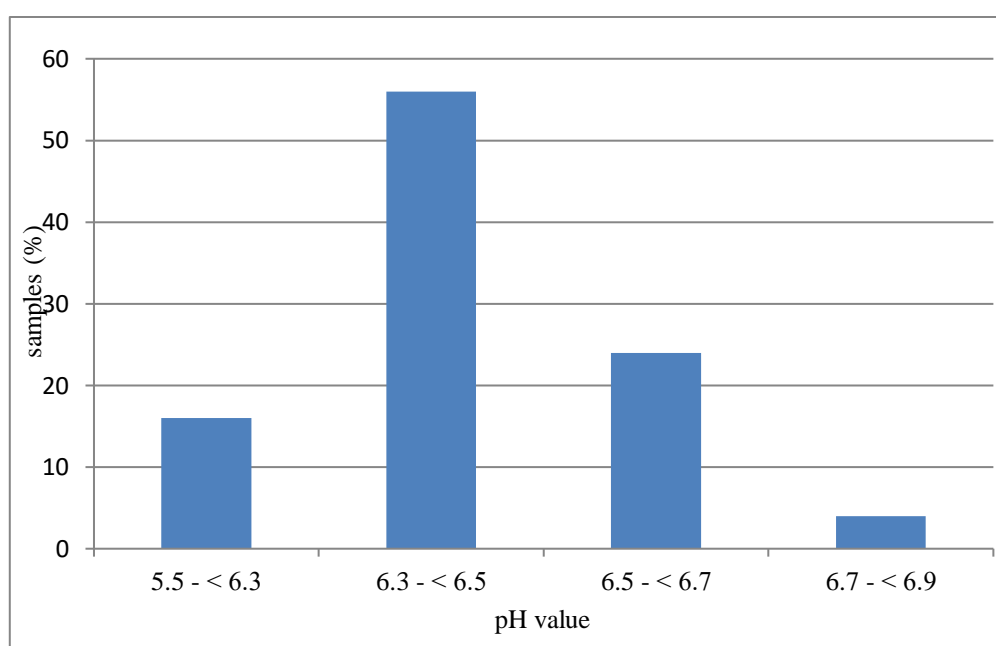
### **Total Coliform Count (TC)**

Violet red bile agar (Laboratorios Conda, Spain) was used for this analysis. All bacterial counts were transformed to log<sub>10</sub> values.

## RESULTS and DISCUSSION

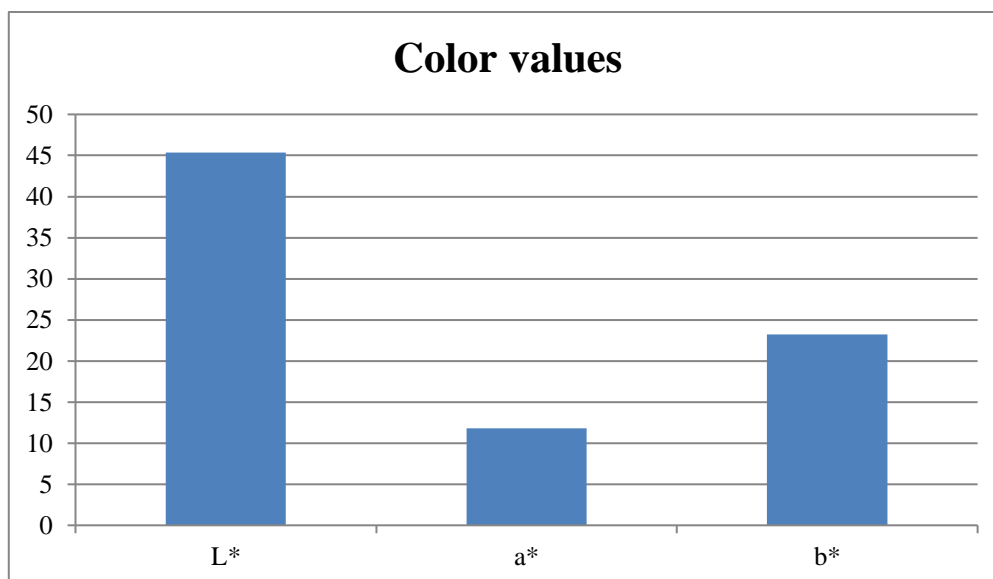
In our country, besides integrated meat plants using modern technology, there are many enterprises that produce chicken döner in primitive conditions and with unscientific information. It is not always possible to produce standard and a good quality of chicken döner without complying with inadequate technology and hygiene rules. In this research, pH, color, TBARS, putrefaction tests, total aerobic mesophilic bacteria and total coliform, of chicken döner samples, which are very important criteria in terms of quality, were examined.

The pH values of the analyzed chicken döner samples were found to be at least 5.49, 6.99 at the highest and 6.40 on average. These values are in parallel with the average value found by Ceylan and Seyitoğlu (2014). They studied 40 pieces of chicken döner sold in fast food restaurants in Erzurum and found the value of pH in the range of 6.01-6.49. In another study, Kayışoğlu et al. (2003) investigated that chicken döners had higher pH values compared to the beef counterparts which is in the range of 5.92-6.21. Vazgeçer et al. (2004) studied the microbiological and chemical quality of chicken döner kebabs retailed on the Turkish restaurants and examined the pH values as mean with 6.03 and in the range of 5.44-6.28. Microorganisms that may proliferate among wide pH and high aw values use meat as an ideal medium (Eker and Bostan, 2019).



**Figure 1.** Percentage distribution of pH values of the samples

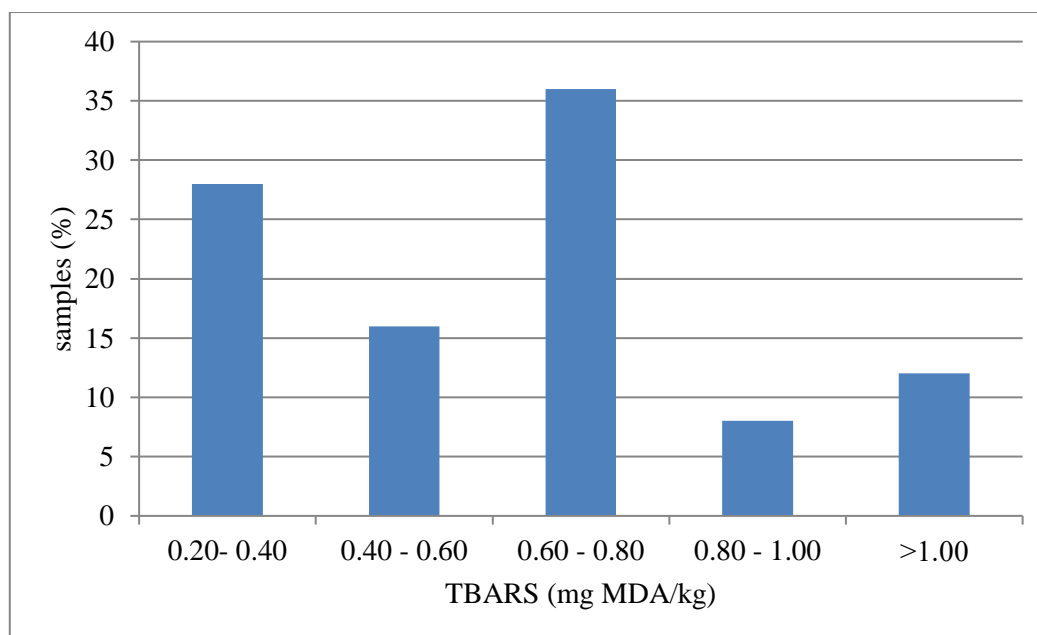
The L\* value in the color values of the analyzed chicken döner samples as minimum 38.11, maximum 53.24 and average 45.33, a\* value has been determined as minimum 8.13, maximum 19.40 and average 11.83, b\* value was found to be as minimum 18.25, maximum 30.35 and average 23.24. There is limited studies about the examination of color values of cooked döner kebabs. Karaca Demircioğlu studied the chemical, textural and sensory properties of beef, chicken, or ostrich meat döners, they found the L\* value 60.23, a\* value 8.67 and , b\* value 23.6 as average for chicken döner. Chicken döners contained considerable amount of red pepper paste, which probably resulted in redder color.



**Figure 2.** Percentage distribution of color L\*, a\* and b\* values of the samples

Lipid oxidation is one of the most important parameters that shows the deterioration degree of raw or cooked meat products at refrigerator temperature and frozen conditions, and therefore the quality of meats, and is determined by thiobarbituric acid measurement (TBA). Lipid oxidation, broilers with high unsaturated fatty acids and heat treated broilers can occur easily. In the TBARS analysis of the analyzed chicken döner samples, it was detected with a value of at least 0.2051 mg MDA/kg, while with a maximum value of 1.8290 mg MDA/kg. Wu et al. (1991) reported that when the TBARS value in cooked meat and products is higher than 1 mg MDA/kg, malodors generally occur and lipid oxidation is accepted as the beginning of organoleptic perception.

Kılıç and Richards (2003) studied the progression of lipid oxidation in various preparations of chicken döner kebab. They found that TBARS values of chicken döner kebab that were vacuum packaged were lower than that of chicken döner kebab stored in air atmospheres during 4 °C storage. It is suspected that the inhibition of lipid oxidation by vacuum packaging compared to control kebab was caused by depletion of oxygen from the system.

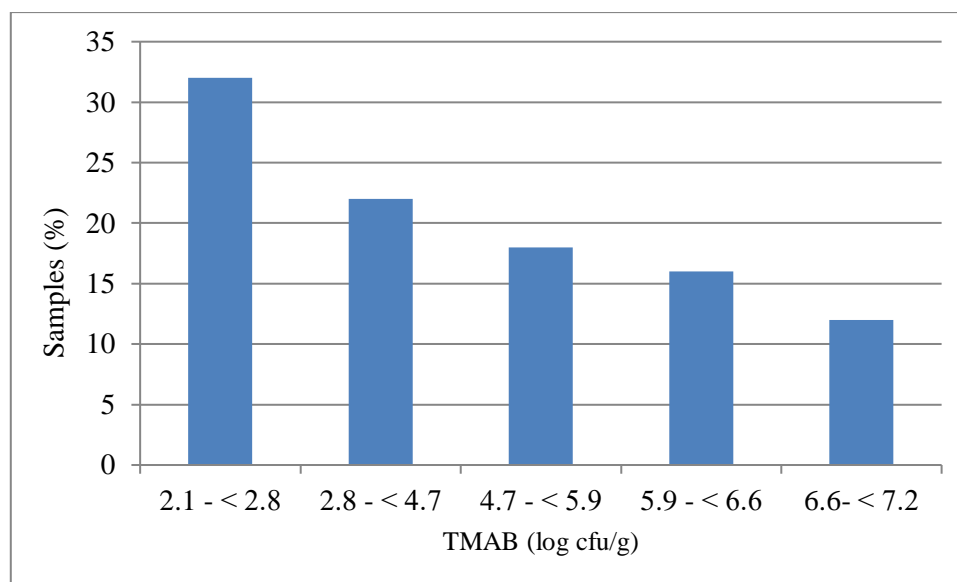


**Figure 3.** Percentage distribution of TBARS values of the samples

Degradation of plant and animal tissues by microorganisms is called "putrefaction" and it is an irreversible period that occurs in meat. During this period, meat becomes unusable. During putrefaction determination tests, chicken döner kebab samples did not show color change meaning there wasn't putrefaction in the samples.

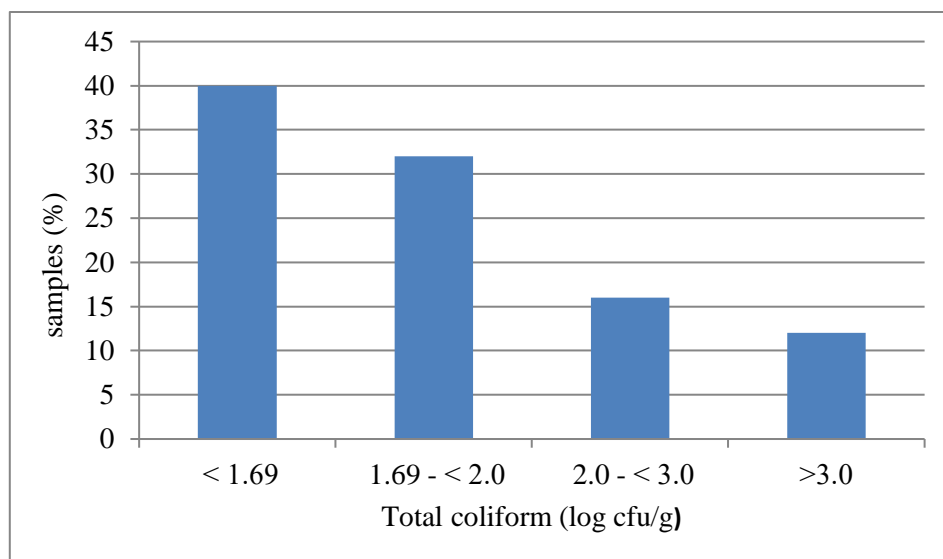
In this study, the number of TMABs is found among the samples at least 150 cfu / g (2.17 log cfu / g) and with a maximum  $14.5 \times 10^6$  cfu / g (7.16 log cfu / g). The average value is  $1.56 \times 10^6$  cfu / g ( 6.19 log cfu / g). The Turkish Food Codex (Anonymous, 2001) allows  $10^6$  cfu/ g of TAB in raw döner samples, however no microbiological criteria have been established yet for cooked döner. The high counts of TAB might be due to the low hygienic quality of the raw materials (e.g. meat and spices) used, other parameters also may contribute to these findings such as varying diameter of the döner cones, insufficient cooking temperature and the hygienic status of kitchen utensils used in the preparation of döners (Elmalı et al.,2005).

In the study of Ünver Alçay (2019), a total of 30 cooked chicken döner kebab samples were collected randomly from different restaurants in the city center of Istanbul , TAMB value in cooked chicken döner samples is found in the range of  $2.4 \times 10^3$  cfu/g- $5 \times 10^5$  cfu/g (3.38- 5.70 log cfu/g). Kayısoğlu et al. (2003) determined the average total aerobic mesophilic bacteria count (APC) 4.92 log cfu/g in cooked döner samples. Vazgeçer et al. (2004) in their research, 72 chicken döner kebab samples from the establishment taken, TMAB numbers in the range of  $1.0 \times 10^2$ - $64 \times 10^5$  g-1 determined. Cebirbay (2007) found the average number of TMAB in the döner kebab samples collected from the market as 4.97 log cfu/g. Öksüztepe and Beyazgül (2014), put up for sale in Elazığ 80 cooked (40 meat, 40 chicken) döner in their research by taking the sample, cooked meat and determined the average number of TAMB in chicken döner samples as 4.98 and 5.11 log<sub>10</sub> cfu/g, respectively. Omurtag et al. (2012) studied microbiological condition chicken döner kebab sold in Vienna, Austria and they examined the TAMB value in the samples ranged from 2.6 to 7.6 log cfu/g with a mean of  $4.4 \pm 1.2$  log cfu/g.



**Figure 4.** Percentage distribution of total aerobic mesophilic bacteria numbers of the samples

In this study, the numbers of total coliform bacteria were varied between <1.69-3.30 log cfu/g. Kayısoğlu et al. (2003) determined the total coliform bacteria in chicken döner samples as in the range of 1.00 – 3.50 log cfu/g. Temelli et al. (2009) studied evaluate the microbiological quality of the ready-to-eat red meat and chicken donairs from a local catering company in Bursa. They examined the total coliform for cooked chicken döner  $< 1.0 \times 10^1$  cfu/g, döner ready for services  $3.2 \times 10^1$  cfu/g, respectively. They defined this increment is caused by improper sanitary practices for personnel and for cooking/processing utensils. Cebirbay (2007) found that total coliform bacteria mean of the samples taken from the market at the end of the microbiological analysis as 1.46 log cfu/g. Öksüztepe and Beyazgül (2014) investigated the total coliform bacteria in chicken döner samples as minimum <1.0 log cfu/g, 2.59 log cfu/g with maximum and as average  $2.13 \pm 0.21$  log cfu/g.



**Figure 5.** Percentage distribution of total coliform numbers of the samples

## CONCLUSION

As a result, the microbiological bacterial groups of the analyzed chicken döner samples are much higher than the standards, which is an indication that their hygienic quality is not good. Chicken döner is a product that is produced the most in almost every region of our country and consumed by our people. It is also highly susceptible to microbial contamination due to its high nutrient content. This situation causes chicken döner to easily pose a risk in terms of public health if they are not produced and preserved under hygienic conditions. The results obtained are thought to be due to the production of chicken döner samples using non-standard production methods, inadequate technological, hygienic practices and raw materials with very different characteristics in the businesses where they are sold.

## ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Merve MAY, Kübra ÖZDOĞAN, Zeynep ÖZTÜRK and Serhat GÜMÜŞOLUK, who contributed to the execution of this study, and also to Kilis 7 Aralık University for their support in terms of consumables, chemicals and tools-equipment.

## REFERENCES

- Anonymous 2001. Türk Gıda Kodeksi, Taze Et, Hazırlanmış Et ve Hazırlanmış Et Karışımları Tebliği. 2001-2007/24345.
- Anonymous 2006a. Çiğ Kırmızı Et ve Hazırlanmış Kırmızı Et Karışımları Tebliği. Türk Gıda Kodeksi, 2006/31.
- Anonymous 2006b. Çiğ Kanatlı Eti ve Hazırlanmış Kanatlı Eti Karışımları Tebliği. Türk Gıda Kodeksi, 2006/29.
- Cebirbay MA 2007. Dönerlerde satış süresi boyunca mikrobiyolojik kalitede meydana gelen değişmelerin araştırılması [Yüksek Lisans Tezi]. Konya: Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Ceylan ZG and Seyitoğlu Ş 2014. Erzurum Piyasasında Tüketime Sunulan Tavuk Döner'de *Campylobacter* spp. Varlığının Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 9(2): 104-111.
- Eker FY and Bostan K 2019. Determination of growth and toxin production potential of *Staphylococcus aureus* and *Clostridium perfringens* during döner production process. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 43: 10-22.
- Karaca Demircioğlu S, Obuz E, Kayaardı S 2013. Textural, Chemical and Sensory Properties of Döners Produced from Beef, Chicken and Ostrich Meat. Kafkas Üniversitesi Veterinerlik Fakültesi Dergisi, 19 (6): 917-921.
- Kayisoglu S, Yilmaz I, Demirci M, Yetim H 2003. Chemical composition and microbiological quality of the döner kebabs sold in Tekirdag market. Food Control, 14: 469-474.

- Kilic B 2003. Effect of microbial transglutaminase and sodium caseinate on quality of chicken döner kebab. *Meat Science*, 63: 417-421.
- Kılıç B and Richards MP 2003. Lipid Oxidation in Poultry Döner Kebab: Pro-oxidative and Anti-oxidative Factors. *Journal of Food Science*, 68 (2): 686-689.
- Omurtag İ, Smulders FJM, Hilbert F, Paulsen P 2012. Microbiological condition chicken döner kebab sold in Vienna, Austria. *Journal of Food Safety and Food Quality*, 63 (5): 129-164.
- Öksüztepe G and Beyazgül P 2014. Elazığ’da Satılan Pişmiş Et ve Tavuk Dönerlerin Mikrobiyolojik Kalitesi. *Fırat Üniversitesi Sağlık Bilimleri Veterinerlik Dergisi*, 28 (2): 65 – 71.
- Soncu ED, Haskaraca G and Kolsarici N 2016. Microbiological, Physicochemical and Sensorial Characteristics of Sous Vide “Döner”. *62nd International Congress of Meat Science and Technology*, Bangkok, Thailand.
- Temelli S, Yuksek N, Evrensel SS, Anar Ş and SEN MKC 2009. A Microbiological Evaluation on the Ready-To-Eat Red Meat and Chicken Donair Kebabs from a Local Catering Company in Bursa. *Journal of Biology Environmental Science*, 3(7): 7-10.
- Elmalı M, Ulukanlı Z, Tuzcu M, Yaman H, Cavlı P 2005. Microbiological quality of beef doner kebabs in Turkey. *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 56: 25-48.
- Ünver Alçay A 2019. İstanbul’da Pişmiş Tavuk Dönerlerin Mikrobiyolojik Kalitesi. *Türk Mikrobiyoloji Cemiyeti Dergisi*, 49(2): 74-85.
- Vazgeçer B, Ulu H, Oztan A 2004. Microbiological and chemical qualities of chicken döner kebab retailed on the Turkish restaurants. *Food Control*, 15(4):261-264.
- Wu WH, Rule DC, Busboom JR, Field RA, Ray B 1991. Starter culture and time/temperature of storage influences on quality of fermented mutton sausage. *Journal of Food Science*, 56: 916–919.
- Yılmaz F 2012. Döner Üretim Prosesi Sirasında Bazı Mikroorganizmaların Gelişimi ve Toksin Oluşturma Potansiyelleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı.

## Voltammetric detection of atrazine based on a pencil graphite electrode

Kübra Gençdağ Şensoy (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0767-6911>)

Aydın Adnan Menderes University, Köşk Vocational High School, Department of Food Processing, Aydın, Turkey.

Corresponding author e-mail: [kubra.gencdag.sensoy@adu.edu.tr](mailto:kubra.gencdag.sensoy@adu.edu.tr)

### Abstract

Herbicides are a type of pesticide commonly used to prevent uncontrolled growth of weeds. Besides its beneficial effects, its unconscious use in large quantities can be harmful to humans and the environment. Atrazine (ATZ) is a herbicide used in the fight against broad-leaved grasses, purslane, mustard, and bison in corn. Birth defects are common in the areas where it is used. For this reason, residue analysis of ATZ is important.

In this study, electrochemical behaviors of ATZ, were examined and determined the optimum conditions (pH, scan rate, concentration, etc.) by pencil graphite electrodes. After determining the conditions detection limit was calculated.

**Keywords:** ATZ, voltammetry, pencil graphite electrode.

### 1. INTRODUCTION

Atrazine (ATZ), (1-chloro-3-ethylamino-5-isopropylamino-2,4,6-triazine), is an herbicide used to stop broadleaf and grassy weeds in crops such as sugarcane, sorghum, lupine, corn, pine and eucalyptus plantations and triazine tolerant canola. ATZ is the second most widely used herbicide after glyphosate in the United States as of 2014 (Aviv, 2014). ATZ is still one of the most widely used herbicides in Australian agriculture. Its effect on corn yield is between 1% and 8% (Frank, 2007).

ATZ is prepared from cyanuric chloride, which is sequentially treated with ethylamine and isopropyl amine. In photosystem II, which is not in animals, it binds to the plastoquinone binding protein. Plant death occurs due to starvation and oxidative damage caused by disruption in the electron transport process. Oxidative damage is accelerated at high light intensity (Arnold et al., 2001). Due to its effects on water, environment and even human health, it is of great importance to develop a low toxicity, simple and cheap product for determination (Chuc et al., 2016). Analysis commonly used methods for chromatographic and spectrometric are techniques. However, these techniques are expensive, time consuming and requires large volumes of sample (Rezić et al., 2005). Therefore inexpensive, precise and selective development of electrochemical sensors, attracts great attention (Jadon et al., 2017).

The ATZ molecule exhibits a two-electron reduction process in an acidic environment. When pH is less than 2 the reduction process is diffusion controlled, between 2-4 it is controlled kinetically. When higher pH is reached, ATZ will not show electroactive behaviour.

Various electroanalytical techniques have been described to analyze ATZ in water and manure samples (Maleki et al., 2007, De Souza et al., 2007, Ramon-Azcon et al., 2008). Mercury and enzyme-based electrodes are used in most of these. However, mercury-based electrodes have high toxicity. Enzyme-based electrodes are costly and offer a limited number of determinations.

Pencil graphite electrodes (PGEs) have extensive consideration because of sp<sup>2</sup> hybridized carbon shows better high sensitivity, adsorption, conductivity, ease of preparation and smaller background current. These are versatile compared to other carbon-based electrodes (glassy carbon, boron-doped diamond electrodes, carbon paste, etc.) (Fan et al., 2019).

In the present study, Differential Pulse Voltammetry (DPV) using pencil graphite electrode (PGE) was employed for ATZ determination. PGE showed good performance and reproducibility for ATZ determination. The effect of important variables has been researched and optimized.



## 2. MATERIALS AND METHODS

### 2.1. Apparatus

All electrochemical measurements were carried out by using IVIUM Compact Stat Plus Module. The three-electrode system consisted of a pencil graphite electrode (PGE), an Ag/AgCl/KCl reference electrode (BAS, Model RE-5B, W. Lafayette, USA) and a platinum wire as the auxiliary electrode.

### 2.2. Chemicals

The stock solution of ATZ (10 mM) was prepared by dissolving an appropriate amount of ATZ powder in methanol. Stock solution was diluted with buffer solutions.

0.1 M pH 7 PBS was prepared using sodium dihydrogen phosphate and sodium monohydrogen phosphate. 0.5 M pH 4.8 ABS was prepared using acetic acid. The pH was adjusted through the addition of NaOH to the solution. All chemicals were purchased from Sigma-Aldrich.

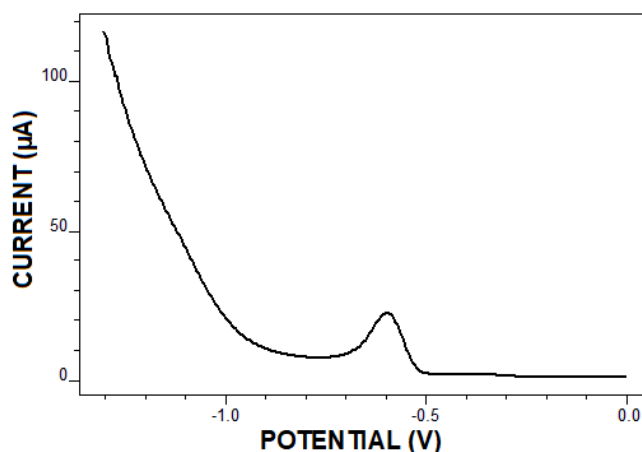
Ultra-pure water was obtained from a Millipore purification system and used throughout.

### 2.3. Preparation of Pencil Graphite Electrode (PGE)

The pencil graphite electrode was handmade (Jadon et al., 2017). It was prepared by fixing the 2.0 mm diameter HB pencil tip to a special pen. A new tip was used for each measurement.

### 2.4. Experimental Measurements Procedure

The electrochemical behavior of herbicide ATZ was evaluated using differential pulse voltammetry (DPV) technique. The differential pulse voltammetric (DPV) measurements were performed in 0.1 M pH 7 PBS and 0.5 M pH 4.8 ABS by scanning between (-1.3 V) and (0.0 V) potential range vs. Ag/AgCl reference electrode at the pulse amplitude, 50 mV and scan rate, 25 mV/s.



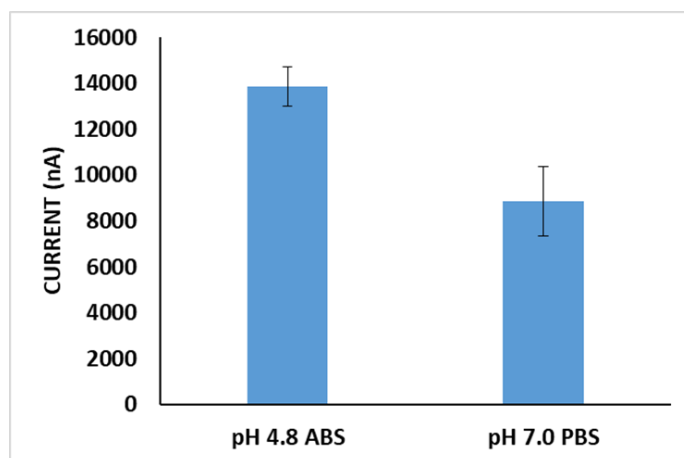
**Figure 1:** Voltammogram of 60 ppm atrazine at a scanning speed of 25 mV/s using differential pulse voltammetry technique.

## 3. RESULTS and DISCUSSION

The optimum conditions were determined first, as working in optimum conditions (pH, scan rate) is essential for obtaining high sensitivity responses from the electrode. Then the calibration graph was drawn under these optimum conditions.

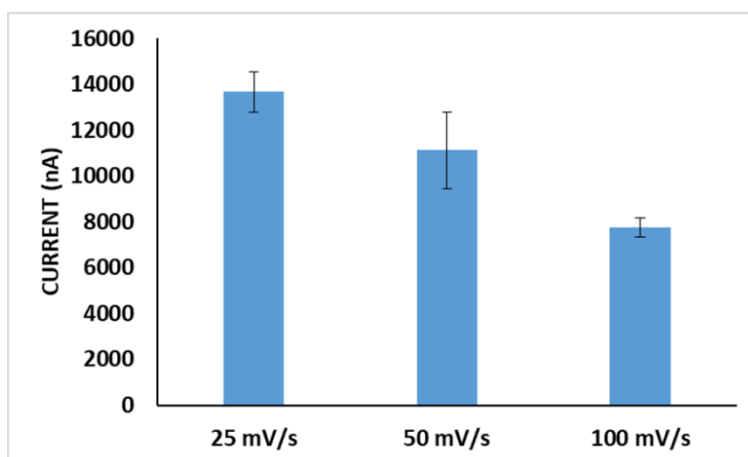
### 3.1. The pH of the electrolyte

When comparing the data obtained from electrolytes at different pH, the signals measured in pH:4.8 ABS (13870 nA) are higher than the other signal measured in pH:7.0 PBS (8869 nA). Error bars are shown on columns in the histogram.



**Figure 2:** Histogram obtained from differential pulse voltammograms of 60 ppm atrazine in pH 4.8 ABS and pH 7 PBS buffer solution. (n=4)

### 3.2. Effect of scan rate



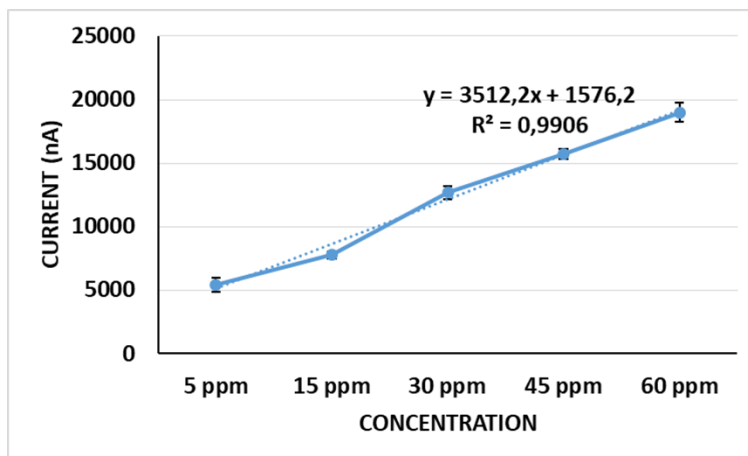
**Figure 3:** Voltammogram responses of 60 ppm atrazine at different scanning speeds by differential pulse voltammetry technique

(n=4)

Voltammetric signal of atrazine was measured applying different scan rates. The highest signal (13663 nA) was measured by applying 25 mV/sec scan rate.

### 3.3. Calibration graph

Voltammograms of atrazine were taken at 5 different concentrations (5, 15, 30, 45, 60 ppm) using DPV technique and a calibration graph was drawn with the obtained responses. Error bars are also shown above each point on the calibration graph. The very small error bars clearly show that our results are reproducible. Other than that, our calculated  $R^2$  value is quite good and is shown on the graph with the equation.



**Figure 4:** Calibration graph illustrates the signal obtained in various concentration of Atrazine

#### 4. CONCLUSION

Voltammetric determination of atrazine was carried out using PGE. The electrode we use has given highly reproducible results due to its important advantages such as ease of use and the opportunity to work with a new surface each time.

First, optimum conditions were determined and then a calibration graph was drawn under these conditions. In the next part of the study, real samples will be studied.

#### REFERENCES

- Arnold P, Müller F, Carpy S 2001. "Weed Control". Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.
- Aviv R 2014. A Valuable Reputation: Tyrone Hayes said that a chemical was harmful, its maker pursued him" by, The New Yorker.
- Chuc NV, Binh NH, Thanh CT, Tu NV, Huy NL, Dzung NT, Minh PN, Thu VT, Lam TD 2016. Electrochemical immunosensor for detection of atrazine based on polyaniline/grapheme. *J. Mater. Sci. Technol.*, 32: 539–544.
- De Souza D, De Toledo RA, Galli A, Salazar-Banda GR, Silva MRC, Garbellini GS, Mazo LH, Avaca LA, Machado SAS 2007. Determination of triazine herbicides: development of an electroanalytical method utilizing a solid amalgam electrode that minimizes toxic waste residues, and a comparative study between voltammetric and chromatographic techniques. *Anal. Bioanal. Chem.*, 387: 2245.
- Fan L, Zhang C, Yan W, Guo Y, Shuang S, Dong C, Bi Y 2019. Design of a facile and label-free electrochemical aptasensor for detection of atrazine. *Talanta*, 201: 156–164.
- Frank A 2007. "The economics of atrazine" (PDF). *International Journal of Occupational and Environmental Health*, 13 (4): 437–445.
- Jadon N, Jain R, Pandey A 2017. Electrochemical analysis of amlodipine in some pharmaceutical formulations and biological fluid using disposable pencil graphite electrode. *J. Electroanal. Chem.*, 788: 7–13.
- Rezić I, Horvat AJM, Babić S, Kaštelan-Macan M 2005. Determination of pesticides in honey by ultrasonic solvent extraction and thin-layer chromatography, *Ultrason. Sonochem.*, 12: 477–481.
- Maleki N, Absalan G, Safavi A, Farjami E 2007. Ultra trace adsorptive stripping voltammetric determination of atrazine in soil and water using mercury film electrode. *Anal. Chim. Acta*, 581: 37.
- Ramon-Azcon J, Valera E, Rodriguez A, Barranco A, Alfaro B, Sanchez-Baeza F, Marco MP 2008. An impedimetric immunosensor based on interdigitated microelectrodes (IDmicroE) for the determination of atrazine residues in food samples. *Biosens. Bioelectron.*, 23: 1367.

## Üç fazlı buck tip PWM doğrultucunun modellenmesi

Meral Altınay (ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-9929-3023>)

Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye

e-mail: meral.altinay@kocaeli.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, güç elektroniğinde modelleme ve simülasyon için kullanılan en önemli yaklaşımlardan bazıları anlatılmaktadır. Çalışmada Buck tip PWM dönüştürücünün süreksiz, zamanla-değişen ve doğrusal-olmayan genel matematiksel modeli gerçekleştirilmiş daha sonra, kapalı-form cevapları elde etmek için referans çerçevesi dönüşümü, küçük işaret doğrusallaştırma ve durum uzay ortalama tekniği kullanılmıştır. Son olarak, sürekli durum DA modeli, alçak frekans küçük işaret AA modeli ve büyük işaret simülasyon sonuçları verilmiştir

**Anahtar Kelimeler:** PWM, Buck tip PWM doğrultucu, Modelleme, SSA, aktif doğrultucu

### Modelling of three phase buck type PWM rectifier

#### Abstract

In this study, some of the most important approaches used for modeling and simulation in power electronics are explained. In the study, the discontinuous, time-varying and nonlinear general mathematical model of the Buck type PWM converter was implemented, and then the reference frame transformation, small signal linearization and state space averaging technique were used to obtain closed-form responses. Finally, steady state DC model, low frequency small signal AC model and large signal simulation results are given.

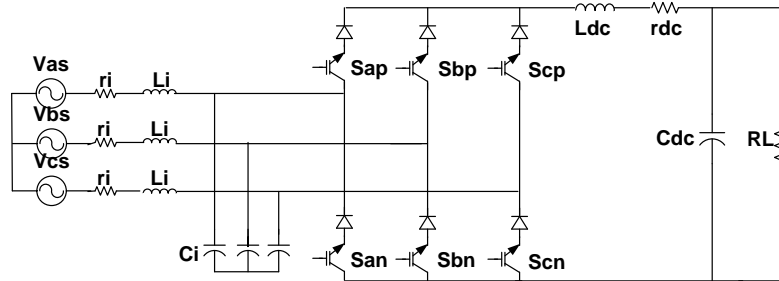
**Keywords:** PWM, Buck type PWM rectifier, Modelling, SSA, Active rectifier.

#### Giriş

Bilindiği gibi en sık rastlanan harmonik kaynaklarından biri şebeke komutasyonlu doğrultuculardır. Bu doğrultuculara alternatif olarak önerilen PWM doğrultucular, daha yüksek güç kalitesi ve daha yüksek dinamik performansa sahiptirler. Aynı zamanda, düşük frekans harmonikleri olmaksızın DA çıkış gerilimi ve sinusoidal giriş akımları sağlarlar. Pek çok uygulamada güç faktörü korumalı güç işlemci arabirimi olarak tercih edilmektedir. Bu tip doğrultuculardan biri üç fazlı Buck tip PWM doğrultucudur.

#### Doğrultucunun yapısı

Şekil 1.'de gösterilen Buck tip PWM doğrultucu güç devresi, DA hat bobini ( $L_{dc}$ ), DA filtre kondansatörü ( $C_{dc}$ ) ve üç fazlı ikinci derece bir LC giriş filtresi ( $L_i$ ,  $C_i$ ) içermektedir. PWM çalışmadan dolayı AA hattına etki eden harmonikler, LC filtresi yardımı ile azaltılmaktadır. DA hat bobini  $L_{dc}$ , DA hat akımını düzeltir ve aynı zamanda bir akım kaynağı gibi davranır.



Şekil 1. Buck tip PWM doğrultucunun güç devresi

PWM doğrultucular doğrusal-olmayan, zamanla değişen ve kuplajlı bir yapıya sahiptirler. Bu yüzden, bu tip sistemlerin analizi ve tasarımı oldukça zordur. Bugüne kadar yayınlanmış pek çok çalışmada doğrultucuların doğrusal olmayan ve kuplajlı modelini ele alan pekçok değişik metod anlatılmış ve model bu özelliklerden

arındırılmaya çalışılmıştır. Bunun için bu sistemlerin, doğrusal ve zamanla değişmeyen sistemlere dönüşümü gerçekleştirilmiştir.

### Doğrultucunun durum uzay modeli

Köprünün her bir kolu için anahtarlama fonksiyonu ve üç fazlı gerilim kaynakları aşağıdaki eşitliklerde görülmektedir. Eşitlikler AA kaynak faz gerilimlerinin dengeli ve ideal olduğu varsayılarak yazılmıştır. Bu eşitliklerdeki  $V_m$  ve  $S_m$  sırasıyla, faz gerilimlerinin tepe değeri ve anahtarlama fonksiyonlarının tepe değeridir.  $\beta$ , üç fazlı referans sistemde, kaynak gerilimleri ( $V_{as}$ ,  $V_{bs}$ ,  $V_{cs}$ ) ile faz başına ortalama anahtarlama fonksiyonları ( $S_a$ ,  $S_b$ ,  $S_c$ ) arasındaki açıdır. AA kaynağın faz gerilimleri ve ortalama anahtarlama fonksiyonları sırasıyla aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$\begin{bmatrix} V_{as} \\ V_{bs} \\ V_{cs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_m \cdot \sin \omega t \\ V_m \cdot \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi) \\ V_m \cdot \sin(\omega t + \frac{2}{3}\pi) \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{bmatrix} S_a \\ S_b \\ S_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_m \cdot \sin(\omega t + \beta) \\ S_m \cdot \sin(\omega t - \frac{2}{3}\pi + \beta) \\ S_m \cdot \sin(\omega t + \frac{2}{3}\pi + \beta) \end{bmatrix} \quad (2)$$

Şekil 1'deki dönüştürücünün her bir fazı durum değişkeni yaklaşımı kullanılarak modellenilebilir ve AA taraf eşitlikleri abc (statik) çerçevesinde aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{dI_a}{dt} = \frac{V_{as}}{L_i} - \frac{r_i}{L_i} I_a - \frac{V_{ca}}{L_i} \quad (3)$$

$$\frac{dI_b}{dt} = \frac{V_{bs}}{L_i} - \frac{r_i}{L_i} I_b - \frac{V_{cb}}{L_i} \quad (4)$$

$$\frac{dI_c}{dt} = \frac{V_{cs}}{L_i} - \frac{r_i}{L_i} I_c - \frac{V_{cc}}{L_i} \quad (5)$$

$$\frac{dV_{ca}}{dt} = \frac{I_a}{C_i} - \frac{I_{ar}}{C_i} \quad (6)$$

$$\frac{dV_{cb}}{dt} = \frac{I_b}{C_i} - \frac{I_{br}}{C_i} \quad (7)$$

$$\frac{dV_{cc}}{dt} = \frac{I_c}{C_i} - \frac{I_{cr}}{C_i} \quad (8)$$

Doğrultucunun DA taraf eşitlikleri ise aşağıdaki gibi yazılır

$$\frac{dI_{ro}}{dt} = \frac{V_{ro}}{L_{dc}} - \frac{r_{dc}}{L_{dc}} \cdot i_{ro} - \frac{1}{L_{dc}} \cdot V_{dc} \quad (9)$$

$$\frac{dV_{dc}}{dt} = \frac{1}{C_{dc}} \cdot i_{ro} - \frac{1}{R_L \cdot C_{dc}} \cdot V_{dc} \quad (10)$$

### Anahtarlama fonksiyonlu durum uzay modeli

$I_{ar}$ ,  $I_{br}$  ve  $I_{cr}$  akımları, doğrultucunun DA tarafındaki bobin akımı ve anahtarlama fonksiyonlarını içeren ifadeler şeklinde eşitlik (12-14)' deki gibi yazılabilir. Aynı şekilde, konvertör çıkışındaki  $V_{ro}$  gerilimi de, konvertörün AA taraf gerilimleri ve anahtarlama fonksiyonlarını içeren ifadeler şeklinde yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} i_{ar} \\ i_{br} \\ i_{cr} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{ap} - S_{an} \\ S_{bp} - S_{bn} \\ S_{cp} - S_{cn} \end{bmatrix} \cdot i_{ro} \quad (11)$$

$$I_{ar} = (S_{ap} - S_{an}) \cdot I_{ro} = S_a \cdot I_{ro} \quad (12)$$

$$I_{br} = (S_{bp} - S_{bn}) \cdot I_{ro} = S_b \cdot I_{ro} \quad (13)$$

$$I_{cr} = (S_{cp} - S_{cn}) \cdot I_{ro} = S_c \cdot I_{ro} \quad (14)$$

$$V_{ro} = (S_{ap} - S_{an}) \cdot V_{ca} + (S_{bp} - S_{bn}) \cdot V_{cb} + (S_{cp} - S_{cn}) \cdot V_{cc} = S_a \cdot V_{ca} + S_b \cdot V_{cb} + S_c \cdot V_{cc} \quad (15)$$

(12-15) eşitlikleri, (7-10) eşitliklerinde kullanılarak anahtarlama fonksiyonuna bağlı yeni eşitlikler elde edilir.

$$\frac{dV_{ca}}{dt} = \frac{I_a}{C_i} - \frac{S_a I_{ro}}{C_i} \quad (16)$$

$$\frac{dV_{cb}}{dt} = \frac{I_b}{C_i} - \frac{S_b I_{ro}}{C_i} \quad (17)$$

$$\frac{dV_{cc}}{dt} = \frac{I_c}{C_i} - \frac{S_c I_{ro}}{C_i} \quad (18)$$

$$\frac{dI_{ro}}{dt} = \left( \frac{S_a}{L_{dc}} \cdot V_{ca} + \frac{S_b}{L_{dc}} \cdot V_{cb} + \frac{S_c}{L_{dc}} \cdot V_{cc} \right) - \frac{r_{dc}}{L_{dc}} \cdot I_{ro} - \frac{1}{L_{dc}} \cdot V_{dc} \quad (19)$$

Eşitliklerde görüldüğü gibi  $V_{ro}$  ve  $I_{ar}$ ,  $I_{br}$ ,  $I_{cr}$ 'nin dalga şekilleri,  $S_a$ ,  $S_b$ ,  $S_c$  anahtarlama fonksiyonlarının dalga şekilleri ile hesaplanır. Eşitliklerde bu anahtarlama fonksiyonlarının bulunması, dönüştürücü modelini nonlineer zamanla-değişen hale getirir.

### Durum-uzay ortalama modeli

Dönüştürücü modeli genel olarak düşük frekans ve yüksek frekans modeli olmak üzere ikiye ayrılır. Düşük frekans modeli eşitlikleri, şebeke temel frekansında modellemeyi sağlarken, harmonik veya dalgacık bileşenleri yüksek frekans modeli eşitliklerinden elde edilir. Dönüştürücülerin düşük frekans durum-uzay modeli, durum uzay ortalama tekniğinin uygulanmasıyla çıkarılabilir. Yüksek frekans anahtarlama harmonikleri ise ortalama tekniğin uygulanmasıyla modelden uzaklaştırılır. Bu çalışmada gerçekleştirilen modellemeler, sadece düşük frekans modellemeyi içermektedir. Durum uzay ortalama tekniği, anahtarlama tip dönüştürücülerde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu teknik, hem sürekli durum DA modelin hem de küçük sinyal AA modelin elde edilmesini sağlamaktadır. Anahtarlama frekansının şebeke frekansından çok büyük olduğu durumlarda,  $S_x$  anahtarlama fonksiyonu, anahtarlama periyodundaki ortalama değeri  $d_x$  ile ifade edilir ve sistem ortalama anahtarlama modeli ile gösterilir (Maksimovic et al 2001). Böylece sistem modeli sürekli hale gelir fakat halen zamanla değişen yapıya sahiptir.

Ortalama modeller elde edilirken, anahtarlama fonksiyonları  $[S]_{abc}$  yerine, ortalama anahtarlama fonksiyonları  $[d]_{abc}$  kullanılır. Bunun sonucunda elde edilen durum uzay ortalama modeli, (20) eşitliğindeki gibi matris formunda yazılabilir.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_a \\ \dot{i}_b \\ \dot{i}_c \\ V_{ca} \\ V_{cb} \\ V_{cc} \\ \dot{i}_{ro} \\ V_{dc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-r_i}{L_i} & 0 & 0 & \frac{-1}{L_i} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-r_i}{L_i} & 0 & 0 & \frac{-1}{L_i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{-r_i}{L_i} & 0 & 0 & \frac{-1}{L_i} & 0 & 0 \\ \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-d_a}{C_i} & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{-d_b}{C_i} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & 0 & \frac{-d_c}{C_i} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{d_a}{L_{dc}} & \frac{d_b}{L_{dc}} & \frac{d_c}{L_{dc}} & \frac{-r_{dc}}{L_{dc}} & \frac{-1}{L_{dc}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_{dc}} & \frac{-1}{R_L \cdot C_{dc}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \\ V_{ca} \\ V_{cb} \\ V_{cc} \\ i_{ro} \\ V_{dc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{sa}}{L_i} \\ \frac{V_{sb}}{L_i} \\ \frac{V_{sc}}{L_i} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

### Dqo-Senkron referans koordinatlarında ortalama model

(20) eşitliği ile verilen sistem modeli, sürekli fakat zamanla değişen bir yapıya sahiptir. Modeli bu özellikten kurtarmak için dq dönüşüm uygulanır.

Doğrultucu bileşenlerinin seçimi, doğrultucunun sürekli hal performansının belirlenmesi ve kapalı döngü denetleyici tasarımı için zamanla değişmeyen ve doğrusal olan basitleştirilmiş eşitliklere ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece modelleme ve kontrol tasarımı kolaylığı için, dönen referans (dq) çerçevesinde değişken dönüşümü yapmak mümkündür (Park et al 2000). (20) eşitliği, ortalama anahtarlama fonksiyonları içermesi sebebiyle, zamanla değişen ve 8. dereceden bir sistemi göstermektedir. Üç fazlı değişkenlere, dq dönüşümü uygulanarak, daha düşük dereceli ve zamanla değişmeyen sistem modeli elde etmek mümkündür. Değişken dönüşümünü için (21) eşitliği kullanılmaktadır. Eşitliklerde kullanılan, Park Dönüşüm matrisi olarak da bilinen T dönüşüm matrisi, (22) eşitliğinde verilmektedir. Eşitlikteki  $\omega$ , dönen dq koordinat sisteminin açılal frekansıdır ve zamanla değişebilir olduğundan,  $\omega = \omega(t)$  olarak yazılabilir. Yine aynı eşitlikteki  $\alpha$ , dönen koordinat sisteminin  $t = 0$  anındaki durumunu gösteren açıdır (Mao et al 1998), (Ye et al 2003), (Kanaan and Haddad 2004).

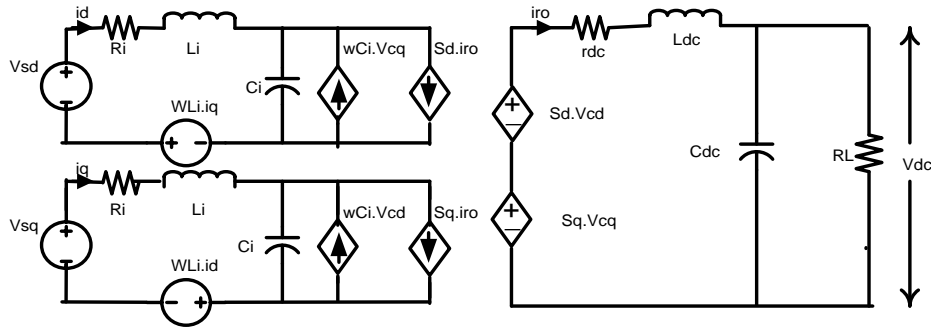
$$\begin{bmatrix} X_d \\ X_q \\ X_0 \end{bmatrix} = T \cdot \begin{bmatrix} X_a \\ X_b \\ X_c \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$T = \begin{bmatrix} \cos(\omega_r t - \alpha) & \cos(\omega_r t - \alpha - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\omega_r t - \alpha + \frac{2\pi}{3}) \\ -\sin(\omega_r t - \alpha) & -\sin(\omega_r t - \alpha - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\omega_r t - \alpha + \frac{2\pi}{3}) \end{bmatrix} \quad (22)$$

Analizleri basitleştirmek için, AA gerilim kaynağının dengeli ve nötr hatsız olduğu varsayılır. Böylece durum değişkenlerinin, sadece d ve q bileşenlerine sahip olduğu kabul edilirken, sıfır sıralı bileşenlerinin sıfıra eşit olduğu kabul edilir (Boroyevic 2004). Doğrultucunun elde edilen durum denklemleri matris şeklinde aşağıdaki gibi yazılır.

Sistemin D-Q devre gösterimi Şekil 3' de görülmektedir. Birim yerdeğiştirme güç faktörlü çalışma durumu  $I_{sq} = 0$  anlamına gelmektedir. Bu durum aynı zamanda, doğrultucunun DA tarafının,  $I_{dc}$ ' ye eşit değerli bir akım kaynağı olduğu anlamına gelmektedir. Böylece dönüştürücü modeli, giriş gerilimi  $V_{sd}$  ve kontrol girişi  $S_d$  olan buck tip DA-DA kıyııcı modeline indirgenmektedir.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_d \\ \dot{i}_q \\ \dot{V}_{cd} \\ \dot{V}_{cq} \\ \dot{i}_{ro} \\ \dot{V}_{dc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{r_i}{L_i} & \omega & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 & 0 \\ \omega & -\frac{r_i}{L_i} & 0 & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 \\ \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & \omega & -\frac{S_d}{C_i} & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_i} & -\omega & 0 & -\frac{S_q}{C_i} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_d}{L_{dc}} & \frac{S_q}{L_{dc}} & -\frac{r_{dc}}{L_{dc}} & -\frac{1}{L_{dc}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_{dc}} & \frac{R_L \cdot C_{dc}}{R_L \cdot C_{dc}} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ V_{cd} \\ V_{cq} \\ i_{ro} \\ V_{ro} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{sd}}{L_i} \\ \frac{V_{sq}}{L_i} \\ \frac{V_{cd}}{L_i} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (23)$$



Şekil 3. Buck Tip PWM Doğrultucunun d-q Modeli

(23) ile elde edilen model, sistemin nonlineer (eşitlikler, giriş değişkenleri ve durum değişkenlerinin çarpımlarını içermektedir) ve kuppajlı (eşitliklerde DA akımın, her iki giriş değişkenine bağlı olduğu görülmektedir) olduğunu göstermektedir.

### Sürekli durum modeli

Buraya kadar elde edilmiş modeller, ortalama büyük işaret (average large signal) modelleridir ve bunlar nonlineerdir. Sistemin, DA çalışma noktasında küçük bir bölge içerisinde, yaklaşık olarak doğrusal olduğu kabul edilerek, model doğrusallaştırılabilir. Ortalama-zamanla değişmeyen model doğrusal hale getirildikten sonra, sürekli durum modelini (DA model) ve daha sonra da küçük işaret (small signal) modelini ayırmak mümkün olacaktır.  $\alpha$  için bir değerin seçilmesiyle, senkron referans çerçevesinin pozisyonu belirlenir. İncelenen çalışmalarda analizlerde kolaylık olması açısından genellikle  $\alpha = \pi/2$  seçilmiştir. (23) eşitliği kullanılarak  $\alpha = \pi/2$  için,  $0 = AX + Be$  gerçekleştirilerek sürekli durum eşitlikler bulunur. Eşitliklerdeki “o” şeklindeki üs işareti doğrusallaştırma noktasını gösterir.  $S_m^o$ , doğrusallaştırma noktasında anahtarlar fonksiyonunun tepe değeridir.

$$\dot{V}_{sd}^o = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot V_m^o = r_i \cdot \dot{I}_d^o - \omega \cdot L_i \cdot \dot{I}_q^o + V_{cd}^o \quad (24)$$

$$\dot{V}_{sq}^o = 0 = r_i \cdot \dot{I}_q^o + \omega \cdot L_i \cdot \dot{I}_d^o + V_{cq}^o \quad (25)$$

$$\dot{I}_d^o = -\omega \cdot C_i \cdot V_{cq}^o + \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot S_m^o \cdot I_{ro}^o \cdot \cos \beta \quad (26)$$

$$\dot{I}_q^o = \omega \cdot C_i \cdot V_{cd}^o + \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot S_m^o \cdot I_{ro}^o \cdot \sin \beta \quad (27)$$



$$V_{dc}^{\circ} = \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot S_m^{\circ} \cdot (V_{cd}^{\circ} \cdot \cos \beta^{\circ} + V_{cq}^{\circ} \cdot \sin \beta^{\circ}) - r_{dc} \cdot I_{ro}^{\circ} \quad (28)$$

$$\frac{V_{dc}^{\circ}}{R_L} = I_{ro}^{\circ} \quad (29)$$

$$P = V_{sd}^{\circ} \cdot I_d^{\circ} + V_{sq}^{\circ} \cdot I_q^{\circ} \quad (30)$$

$$Q = V_{sq}^{\circ} \cdot I_d^{\circ} - V_{sd}^{\circ} \cdot I_q^{\circ}$$

Yukarıdaki eşitliklerden yararlanılarak aktif ve reaktif güç değerleri (31) ve (32) eşitliğindeki gibi elde edilebilir.

$$P = \frac{\frac{3}{2} \cdot V_m^{\circ} \cdot D_m^{\circ} \cdot V_{dc}^{\circ} \cdot \cos \beta^{\circ}}{(1 - \omega^2 \cdot L_i \cdot C_i) \cdot R_L} \quad (31)$$

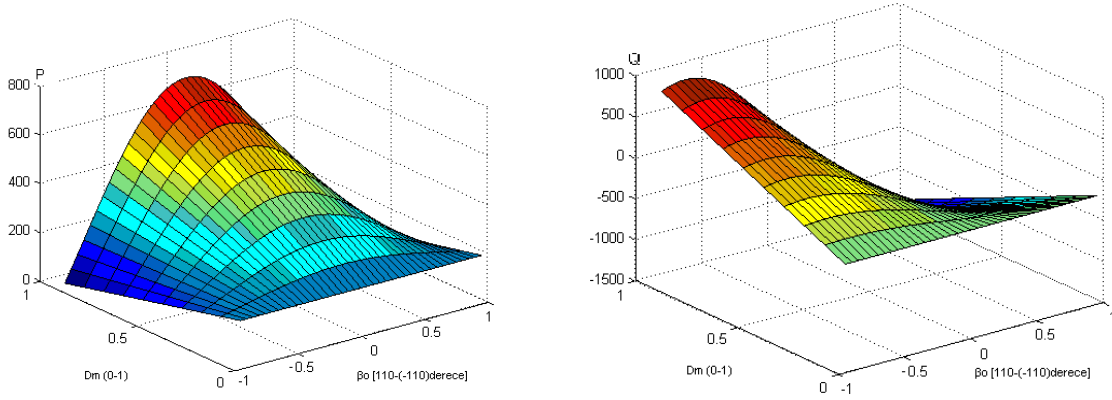
$$Q = \frac{\frac{-3}{2} \cdot V_m^{\circ} (\omega \omega_{r_i} \cdot V_m^{\circ} + D_m^{\circ} \cdot \frac{V_{dc}^{\circ}}{R_L} \cdot \sin \beta^{\circ})}{(1 - \omega^2 \cdot L_i \cdot C_i)} \quad (32)$$

### Küçük işaret modeli

Yapılan doğrusallaştırma işlemi sonucunda (33)' teki küçük işaret modeli elde edilir. Bu modelden yararlanarak doğrultucunun değişik giriş ve çıkış değişkenleri arasındaki ilişkiyi, transfer fonksiyonları cinsinden çıkarmak mümkündür. Böylece bu fonksiyonlar sistemin dinamiği konusunda fikir vererek, sistem tasarımında yardımcı olmaktadır.

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_d \\ \dot{i}_q \\ V_{cd} \\ V_{cq} \\ i_{ro} \\ V_{dc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-r_i}{L_i} & \omega & \frac{-1}{L_i} & 0 & 0 & 0 \\ \omega & \frac{-r_i}{L_i} & 0 & \frac{-1}{L_i} & 0 & 0 \\ \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & \omega & \frac{-X \cdot S_m^{\circ}}{C_i} & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_i} & -\omega & 0 & \frac{-Y \cdot S_m^{\circ}}{C_i} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{X \cdot S_m^{\circ}}{C_i} & \frac{Y \cdot S_m^{\circ}}{C_i} & \frac{-r_{dc}}{L_{dc}} & \frac{-1}{L_{dc}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_i} & \frac{-1}{R_L \cdot C_{dc}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ V_{cd} \\ V_{cq} \\ i_{ro} \\ V_{dc} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{L} \sqrt{\frac{3}{2}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -X \cdot I_{ro}^{\circ} & Y \cdot I_{ro}^{\circ} \cdot S_m^{\circ} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -Y \cdot I_{ro}^{\circ} & -X \cdot I_{ro}^{\circ} \cdot S_m^{\circ} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X \cdot V_{cd}^{\circ} + Y \cdot V_{cq}^{\circ} & X \cdot V_{cq}^{\circ} - Y \cdot V_{cd}^{\circ} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_m \\ S_m \\ \beta \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (33)$$

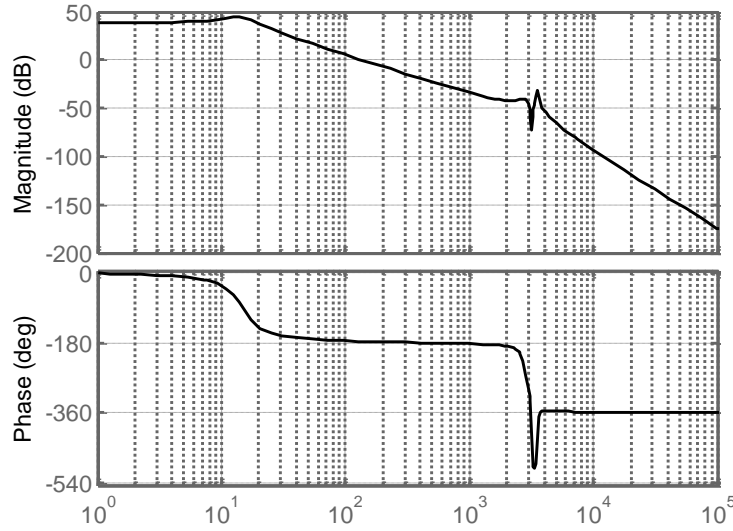
## BULGULAR



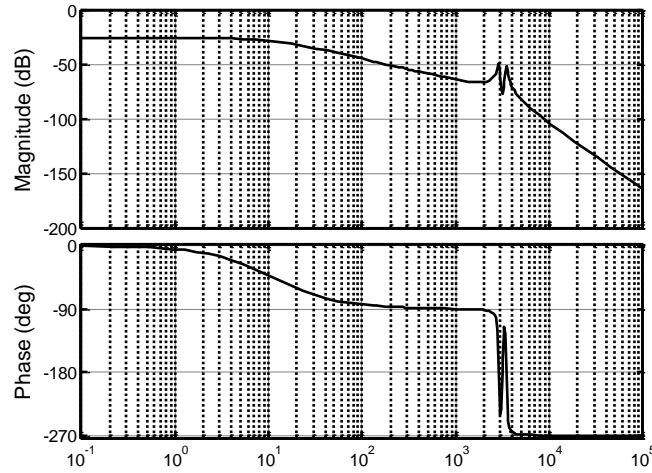
Şekil 4. Direnç yüklü akım kaynaklı doğrultucunun  $\beta^\circ$  ve  $D_m^\circ$  'ye bağlı olarak aktif ve reaktif güçleri

Sürekli durum modeli sistemin çalışma noktası büyüklüklerini ifade etmektedir. Diğer bir deyişle sürekli durum analizi sistemin DA tepkisini ifade etmektedir Şekil4' te sürekli durum analizi sonucunda doğrultucunun  $\beta^\circ$  ve  $D_m^\circ$  parametrelerine bağlı olarak aktif ve reaktif güçlerdeki değişimler görülmektedir. Buradan, aktif ve reaktif güç tüketiminin maksimum ve minimum olduğu parametre değerlerini tespit etmek mümkündür.

Şekil 5. ve 6. küçük işaret modeliyle elde edilen, sırasıyla  $I_{ro}/v_m$  ve  $I_d/v_m$  transfer fonksiyonlarına ait frekans cevapları göstermektedir. Şekillerde transfer fonksiyonlarına ait kazanç ve faz değişimleri görülmektedir. Küçük işaret modeli kullanılarak farklı transfer fonksiyonlarını da elde etmek mümkündür. Böylelikle sistemin açık döngü ve kapalı döngü cevapları incelenebilmekte ve aynı zamanda kararlılık sınırları konusunda bilgi sağlanmaktadır



Şekil 5.  $\alpha=\pi/2$ ,  $\beta=0$  derece durumu için elde edilen  $I_{ro}/v_m$  transfer fonksiyonu frekans cevabı



Şekil 6.  $\alpha=\pi/2$ ,  $\beta=0$  derece durumu için elde edilen  $I_d/v_m$  transfer fonksiyonu frekans cevabı

## SONUÇ

Modelleme ve benzetim, güç elektroniğinde sistemlerin analiz ve tasarım süreçlerinin vazgeçilmez unsurlarındandır. Tasarım aşamasında sürekli durum analizinin ve geçici durum analizinin gerçekleştirilmesi sistem tasarımı açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Çalışmada, Buck tip PWM dönüştürücünün modellenmesi ve analizi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan modelleme yöntemleri diğer güç elektroniği dönüştürücülerine de uygulanabilmektedir. Analizlerden elde edilen sonuçlar, kullanılan parametrelere ve devre bileşenlerine bağlı olarak sistemin sürekli durum ve geçici durum cevaplarının analizini mümkün kılmaktadır. Böylece uygun parametre kullanımıyla istenilen cevabın elde edilmesi öngörülmektedir. Küçük işaret modeliyle elde edilen transfer fonksiyonları yardımıyla sistemin açık ve kapalı çevrim cevaplarını elde etmek mümkündür.

## KAYNAKLAR

- ALTINAY, M., 2005 “Buck Tipi Darbe Genişlik Ayarlı (DGA) Doğrultucunun Genelleştirilmiş Durum Uzay Ortalama Metodu ile Modellenmesi”, Doktora Tezi, KOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 98-116, .
- BLASKO, V. and AGIRMAN, I., 2001. Modeling and Control of Three-Phase Regenerative AC-DC Converters. Proceedings of The 40th IEEE Conference on Decision and Control, Florida USA, Pp. 2235-2240
- BURGOS, R.P., et al, 2002. Complex state variables modeling and nonlinear control of PWM voltage- and current-source rectifiers. IECON 02 (Industrial Electronics Society, IEEE 2002 28th Annual Conference of the), Vol. 1 , 5-8 Nov. Pp.187–192.
- DRİESEN, J. et al 2002. The Development of Power Quality Markets. IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, Vol. 1, 27-31 January, Pp.262–267.
- ESPINOZA, J.R et all, 2001. Reactive Power Compensation Capabilities as a Function Of Parasitic Components in Three Phase AC-DC Voltage and Current Source Rectifiers. IECON’01, The 27<sup>th</sup> Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Vol. 2, Pp.1108-1113.
- FUKUDA, S. et al, 1993. Modelling And Control Of Sinusoidal PWM Rectifiers. Power Electronics and Applications, 1993., Fifth European Conference on , 13-16 Sep 1993 vol.4, Pp. 115-120
- GANDROY, J.D. and PENALVER, C.M. 2000. Dynamic And Steady State Analysis of a Three Phase Buck Rectifier. IEEE Transactions On Power Electronics, Vol.15, No.6, Pp. 953 – 959.

- HAHN, J. Et al, 2000. Analysis and Design Of Harmonics Substractors for Three Phase Rectifier Equipment to Meet Harmonic Compliance. Applied Power Electronics Conference and Exposition 2000, APEC 2000, Fifteenth Annual IEEE. Vol. 1, Pp. 221-217.
- HALPIN, S.M., 2003. Harmonic modeling and simulation requirements for the revised IEEE standard 519-1992. Power Engineering Society General Meeting, IEEE, Vol.2, Pp.1205-1212.
- HAN, S.-B., et al, 1998. Modeling and Analysis of Statik and Dynamic Characteristics for Buck-Type three-phase PWM rectifier by Circuit D-Q transformation. IEEE Transactions on Power Electronics, Vol.13, No.2, Pp. 323-336.
- HITI, S., et al, 1994. Small-Signal Modelling And Control Of Three-Phase PWM Converters. Industry Applications Society Annual Meeting. Conference Record of the 1994 IEEE, Vol.2, Pp. 1143 - 1150
- KANAAN, H. and , AL-HADDAD K. 2004b. Small-Signal Averaged Model and Simple Control of a High-Power-Factor Three Phase-Switch-Level Fixed-Frequency PWM Rectifier for High-Power Telecommunications. Telecommunications Energy Conference, INTELEC 26th Annual International, Pp.449-456.
- MAKSIMOVIC, D. et al, 2001. Modelling And Simulation Of Power Electronics Converters. Proceedings Of The IEEE, Vol.89, No.6, June 2001, Pp.898 – 912
- MAO, H., et al, 1998. A Novel Reduced-Order Small-Signal Model Of A Three-Phase PWM Rectifier and Its Application in Control Design and System Analysis. Power Electronics, IEEE Transactions on Vol.13, No.3, Pp. 511-521.
- NISHIDA, Y. et al, 2002. Three Phase PWM Current Source Type PFC Rectifier (Theory and Practical Evaulation of 12kW Real Product. Power Conversion Conference, 2002. PCC Osaka 2002, Vol.3 , 2-5 April 2002, Pp.1217-1222
- OJO, O. et al, 1993. Analysis of Three Phase PWM Buck Rectifier Under Modulation Magnitude And Angle Control. Industry Applications Society Annual Meeting, Conference Record of the 1993 IEEE, 2-8 Oct. 1993, Vol.2, Pp.917-925
- PAN,C.T. and CHEN, T.C., 1993. Analysis and Modeling of Three Phase PWM AC-DC Converters without Current Sensors. IEE Proceedings-B. Pp.201-209.
- PARK, K.-S. et al, 2000. New control scheme for 3-phase PWM AC/DC converter without phase angle detection under unbalanced input voltage conditions. Applied Power Electronics Conference and Exposition, 2000. APEC 2000. FifteenthAnnual IEEE, Vol.1, 6-10 Feb.2000, Pp.501–505.
- TSAI, S.-J. and YIN, J., 2002. Transient Analysis of Three Phase Buck and Current Source Rectifiers Using Small-Signal Modeling. VPEC Sem. Proc., Pp.1-8.
- XU, J. and LEE Q.C., 1998. A Unified Averaging Techcique for The Modeling of Quasi-Resonant Conveters. IEEE Transactions On Power Electronics, Vol. 13, No.3, Pp. 556 – 563.
- YE, Y. et al, 2003. Modelling, Control And Implementation of Three-Phase PWM Converters. IEEE Transactions On Power Electronics, Vol. 18, No. 3, Pp. 857 – 864.

## Fen ve mühendislik eğitiminde süperiletkenlik ve eğitim amaçlı direnç-sıcaklık karakterizasyon sistemlerinin tasarım ölçütleri üzerine

Coskun Deniz<sup>1\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-8383-3195>)

<sup>1</sup>Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Aydın, Türkiye.

\*Sorumlu yazar e-mail: cdeniz@adu.edu.tr

### Özet

Her ne kadar kökeni çok disiplinli lisansüstü araştırmalara dayansa da, temel bilim ve mühendislik uygulamalarında teknolojik öneme sahip olan yüksek sıcaklık süperiletkenliği, günümüz modern fen ve mühendislik müfredatına girmiş bulunmaktadır.  $T_c$  ile gösterilen ve kritik sıcaklık ya da geçiş sıcaklığı denilen, malzemeye özgü belli bir sıcaklık değerinin altında yeni sentezlenen bir süperiletken malzemenin elektriksel direncin yanısıra, bilinen tüm metalik özelliklerini kaybederek mükemmel diyamanyetizma içeren olağan üstü bir hale geçmesine “süperiletken hale geçiş” denilmektedir. Diğer bir çok elektriksel parametreyle ilişkili olan elektriksel direnç-sıcaklık (R-T) karakterizasyonu, kritik sıcaklık değerini belirlemesiyle birlikte deneysel süperiletkenlikte en temel karakterizasyondur. Günümüzde yüksek sıcaklık süperiletkenlerinin R-T karakterizasyonları, sıvı soğutuculu kapalı ya da açık çevrim kriyostatların içinde değişik sıcaklık sensörleri kullanılarak ve DC ya da AC dört-nokta-uç bağlantı yöntemiyle yapılmaktadır. Burada, ölçülecek süperiletken tipi ve dolayısıyla beklenen geçiş sıcaklığı, hedeflenen hassasiyet, maliyet gibi parametrelere göre optimum tasarım koşulları belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, tip-II sınıfı yüksek sıcaklık süperiletkenlerinin temel elektriksel karakteristikleri incelenerek, fen ve mühendislik eğitimindeki yeri ve önemi vurgulanmış ve eğitim amaçlı düşük maliyetli R-T karakterizasyon sistemlerinin tasarım ölçütleri incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek sıcaklık süperiletkenliği, deneysel süperiletkenlik, elektriksel direnç-sıcaklık (R-T) karakterizasyonları, dört-nokta-uç DC/AC bağlantılı öz direnç ölçme metodu, fen ve mühendislik eğitimi.

### On the High temperature superconductivity in science and engineering education and design criteria in resistivity-temperature characterization systems for educational purposes

#### Abstract

Although being originated from multi-disciplinary graduate studies, high temperature superconductivity, which have technologic importance in science and engineering applications, has entered today's modern science and engineering undergraduate curriculum. Besides electrical resistivity, loss of all the known metallic behaviours of a new synthesized superconducting material to be driven into an extraordinary phase involving perfect diamagnetism below a certain material dependent temperature called critical temperature or transition temperature and denoted by  $T_c$  is called “transition to superconducting state”. Electrical Resistance–Temperature (R-T) characterization associated with many of the other electrical parameters besides determination of this critical temperature is the most fundamental characterization in experimental superconductivity. Today, R-T characterizations of high temperature superconductors are achieved inside a closed or open cycle cryostat with liquid coolant by using various temperature sensors and by the method of DC or AC four-point-probe connection methods. Here, optimum design conditions can be determined by some parameter analyses such as superconductivity type under measurement and hence the expected transition temperature domain, aimed measurement sensitivity, cost, etc. In this work, by studying some fundamental electrical characteristics of high  $T_c$  superconductivity of type-II class, their place and importance in science and engineering education is indicated and design criteria of low-cost R-T characterization systems for educational purposes are studied.

**Keywords:** High temperature superconductivity, experimental superconductivity, electrical Resistivity–Temperature (R-T) characterization, method of four-point-probe DC/AC resistivity measurement, science and engineering education.

### GİRİŞ

Maddenin elektriksel özellikleri bakımından yalıtkan, iletken ve yarıiletken halinde olduğu gibi, oldukça değişik fiziksel özellikleri beraberinde getiren süperiletken hali üzerine varılan bilimsel gelişmeler, fen, mühendislik ve ilişkili oldukları çok disiplinli bilimlerde uygulama alanı bularak günümüz teknolojik uygulamalarıyla modern yaşamdaki yerini almaya başlamıştır (Deniz ve ark., 2012; IEEE CSC, 2009; Jensen

ve ark., 2011; Larbalestier ve ark., 2001; Leon-Rossano, 2007; Narlıkar, 2004a; Narlıkar, 2004b; Official Bulletin of University of Rochester, 2001; Osorio ve ark. 2012; Serway, 1992; She ve Liu, 2008). Geçiş sıcaklığı, ya da kritik sıcaklık denilen ve  $T_c$  olarak gösterilen malzemeye özgü (karakteristik) sıcaklık değerinin altında elektriksel direnci sıfır olabilen malzemelere süperiletken malzemeler denilmektedir.  $T_c$  kritik sıcaklığın üstündeki sıcaklıklarda malzeme elektriksel açıdan normal metalik davranış gösterirken, sıcaklığın kritik sıcaklık değerinin altına düşmeye başlamasıyla birlikte elektrik direnci aniden sıfır olur ve bu durumdaki malzemenin “süperiletken hal geçişi” (ya da faz geçişi) yaptığı söylenir (Deniz ve ark., 2012; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992). Direncin sıfır olması, elektrik enerjisinin kayıpsız olarak iletilmesini ortaya koyması bakımından oldukça önemlidir. Süperiletken kablolar vasıtasıyla elektrik enerjisini sıfır kayıp ile iletebilmek mümkündür ve uygulamaya yönelik sıkıntıları (süperiletken kablo yapma, soğutma tertibatı tasarlama, vs.) aşmada günümüzde ciddi başarılar elde edildiğini ve hatta önemli bazı mühendislik uygulamalarının hayata geçirildiğini görüyoruz (IEEE CSC, 2009; Larbalestier ve ark., 2001; Narlıkar, 2004b). Ancak, süperiletken hale geçen malzemede, elektriksel sıfır direnç özelliği önemli olan tek özellik değildir: elektriksel sıfır direnç kazanan malzeme, manyetik açıdan mükemmel diamagnetizma özelliği (Meissner olayı) kazanır ve bu da malzemeye olağanüstü elektrodinamik özellikler kazandırır (Deniz ve ark., 2012; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992). Süperiletken hale geçen malzemede ortaya çıkan olağanüstü elektrodinamik özellikler günümüz mühendislik uygulamalarında önemli yer tutmaktadır. Süperiletken malzemeye özgü temel elektrodinamik karakterizasyonlar (Deniz ve ark., 2012; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992). : i) *Direnç-Sıcaklık ( $R-T$ ) ölçümleri*, ii) *A.C. Manyetik Süseptibilite-Sıcaklık ( $\chi-T$ ) ölçümleri*, iii) *Kritik akım yoğunluğu-Sıcaklık ( $J_c-T$ ) ölçümleri*, şeklinde olup, XRD, SEM gibi değişik yapısal analizler de bulunmaktadır (Sarkar ve ark., 1990; Salıç Başaran ve Deniz, 2019). Bu çalışmada, mühendislik lisans eğitimi için en temel ölçüm olan R-T ölçümleri ele alınmış ve düşük maliyetli R-T ölçüm sistemlerinin tasarım ölçütleri incelenmiştir.

R-T ölçümleri yapabilmek için, öncelikle süperiletkenliğin doğasının iyi bilinmesi ve elektrodinamik özelliklerinin iyi anlaşılması gerekir. Bunun için de, yukarıda belirtilen temel elektriksel ve yapısal özelliklerin birbiriyle ilişkisinin iyi bilinmesi ve gereğince değerlendirilmesi gerekir. Bu çalışmada öncelikle, iki farklı tip olarak karşımıza çıkan süperiletkenliğin elektrodinamik özellikleri incelenerek yüksek sıcaklık süperiletkenliğinin mühendislik eğitimindeki yeri ve önemi vurgulanmıştır. Daha sonra, yüksek sıcaklık süperiletkeni olan bir tip II sınıfı malzemenin temel R-T karakterizasyonu için gereken düşük maliyetli tasarım ölçütleri ele alınmıştır. Bunun için, geleneksel katı hal reaksiyon yöntemine göre hazırlanan  $Bi_{1.6}Pb_{0.4}Sr_2Ca_2Cu_3O_y$  hacimli (bulk) seramik örneklerin R-T ölçümleri, yine geleneksel 4-nokta-uç D.C./AC yöntemleriyle ele alınmıştır. Burada incelenen sistem, köklü bir değişiklik olmaksızın hacimsel süperiletken malzemelerde olduğu gibi ince film süperiletken malzemelerin R-T ölçümlerine de genel olarak uygundur.

Bu çalışmada, normalde oldukça yüksek maliyetli lisansüstü araştırmaları içeren süperiletkenlik olayının lisans ve lisansüstü düzeyinde temel bilimler (fen bilimleri) ve mühendislik bilimleri eğitiminin verilebilmesi ve bunun için de özellikle (en temel özellik olarak) yüksek sıcaklık süperiletken malzemelerinin temel R-T karakterizasyonunun oldukça düşük maliyetli sistemler tasarlanarak yapılabilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, kriyostat, DC-AC standart ölçümler, sıcaklık ölçümü, vb. elzem hususlar ele alınarak, gerekli tasarım ölçütleri incelenmiştir. Önerilen tasarım ölçütlerine göre hazırlanan R-T ölçüm sistemlerinin, günümüzde mühendislik uygulamaları gittikçe yaygınlaşan süperiletkenlik teknolojisindeki gelişmeleri takip edebilecek yeterlikte fen ve mühendislik eğitiminin verilmesine hizmet etmesi hedeflenmiştir.

## SÜPERİLETKEN HAL

### Sıfır Direnç ve Mükemmel Diamanyetizma

Süperiletken malzemeler (Süperiletken olabilen malzemeler), karakteristik  $T_c$  sıcaklık değerinin üstündeki sıcaklıklarda normal halde (normal metalik özellikte) bulunurken, sıcaklık bu kritik sıcaklık değerinin altına doğru düşerken direnci aniden sıfıra düşer yani, mükemmel iletken, üstün iletken ya da en genel kullanımıyla süperiletken denilen hale geçer ve sıfır kayıpla elektrik enerjisini iletir söylenir (Deniz, 2012; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992). Bu durumda enerji kaybı olmadığı için malzemede ısınma da oluşmaz. Süperiletkenlik olayı her element ve bileşikte görülmez, bazı doğal element ve bileşiklerde görülebildiği gibi, bazılarında ancak yüksek basınç altında gözlemlenmektedir. Süperiletkenlik, mutlak sıfır dışında, erişilebilir bir sıcaklıkta elektriksel direncin aniden kaybolması olayıdır. Ohmik bölgede ( $T_c < T$  bölgesinde)  $T$  sıcaklığında bulunan bir malzeme metalik özellik göstererek sıcaklık oda sıcaklığından itibaren düşüktüçe elektriksel direnci ve dolayısıyla öz direnci de düşer. Ancak kritik sıcaklık, ya da geçiş sıcaklığı denilen ve  $T_c$  ile gösterilen sıcaklık değerine ulaştığı anda direnç aniden sıfıra düşer.

Süperiletken hale geçen malzeme sıfır elektriksel dirence sahip olmanın yanı sıra “meissner olayı” olarak bilinen ve dışarıdan uygulanan manyetik alanı tamamen dışlamasını ifade eden “mükemmel diamanyetizma” (ya da “meissner”) özelliği kazanır ve bu da oldukça geniş yelpazede mühendislik uygulamalarını beraberinde getirmektedir. Bu özellikler sayesinde, süperiletken hale geçmiş bir (süperiletken) malzeme vasıtasıyla elektrik enerjisinin sıfır kayıpla iletilmesi mümkün olabildiği gibi, oldukça yüksek manyetik alan şiddeti sağlayabilecek sistemler kurmak ya da bir cismi manyetik alan üzerinde havada asılı tutabilmek mümkündür (Örn. *SC maglev trains*: Serway, 1992). Bu temel prensiplere dayanan, kayıpsız elektriksel iletim hatları, çok hızlı çalışan bilgisayarlar, gelişmiş MRI teknolojisi, manyetik asılı giden (maglev) hızlı trenler, sürtünmesiz süperiletken motorlar, değişik dönüştürücü ve sensörler, SQUID’ler (Superconducting Quantum Interference Devices) gibi sistemler tasarlayabilmek mümkündür. Bu tür sistemlerin teknolojik uygulamalarının günümüzde yaygınlaştığını ve bu konuda hayal gücümüzü zorlayan oldukça gelişmiş sistemler tasarlanabildiğini ve modern bir mühendislik eğitiminin önemli güncel konuları arasında olduğunu görmekteyiz (IEEE CSC, 2009; Larbalestier ve ark., 2001; Narlıkar, 2004b; Serway, 1992).

Dışarıdan uygulanan manyetik alanın süperiletken haldeki malzemedan tamamen dışlanması, süperiletkenliğin meissner hali denilen mükemmel diamanyetizma özelliği kazandığını göstermektedir. Burada, dışarıdan uygulanan manyetik alanın, süperiletken malzemenin Tip I ya da Tip II oluşuna bağlı olarak belli bir şiddet değeri sınırını (kritik değeri) aşmaması gerektiğini şimdiden söyleyelim. Şöyle ki; Malzemeye özgü kritik değeri aşan manyetik alanlar süperiletken halin bozulmasına sebep olur. Süperiletken hale ilişkin bütün bu davranışlara ilişkin dirençsizliğin elektrodinamiği, London denklemleriyle verilmektedir (Rose-Innes ve Rhoderick, 1980).

### Süperiletkenlik ve Yüksek Sıcaklık Süperiletkenliği

Onnes, 1908 yılında helyumun sıvılaştırılarak çok düşük sıcaklıklara inilebilmesini başarmasının ardından, çok düşük sıcaklıklarda elementlerin elektriksel direnç-sıcaklık (R-T) ölçümlerini araştırmaya başlamıştır. Bu araştırmalar esnasında, 1911 yılında, saf cıvanın  $T_c=4.2K$  sıcaklığında direncini tamamen kaybettiğini gözlemleyerek ilk süperiletken malzemeyi keşfetmiş ve bu başarıları nedeniyle Nobel ödülü almıştır (Onnes, 1911; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992). Daha sonra sıvı helyum ortamında soğutulan diğer elementlerle aynı deneyler tekrarlanmış ve bazı element ve bazı basit bileşiklerin kendisine özgü  $T_c$  değerlerinde süperiletken hal geçişi gösterdikleri, bazısının ise göstermediği tespit edilerek araştırmalar ivmelenmiştir. Böylece, daha sonra Tip-I olarak adlandırılacak olan ilk nesil süperiletken malzemelerin karakteristik  $T_c$  değerleri ortaya çıkarılarak kataloglanmıştır (Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992).

Daha sonraları Bednorz ve Müller, kendilerine 1987 Nobel ödülü kazandıracak olan La-Ba-Cu-O tabanlı bileşikte, o dönem için oldukça yüksek yüksek geçiş sıcaklığına sahip ( $T_c \approx 92K$ ) ilk yüksek  $T_c$  süperiletkenliğini ortaya çıkararak Nobel ödülü almışlardır (Bednorz ve Müller, 1986; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992). Daha sonra bunu  $T_c=90 K$ ’lik Y-Ba-Cu-O (Wu ve ark., 1987),  $T_c=110 K$ ’lik Bi-Sr-Ca-Cu-O (Maeda ve ark., 1988),  $T_c=125 K$ ’lik Tl-Ba-Ca-Cu-O (Sheng ve Hermann, 1988) ve  $T_c=133 K$ ’lik Hg-Ba-Ca-Cu-O (Schilling ve ark., 1993; Putilin ve ark., 1993) izlemiştir. Süperiletkenliğin tarihsel gelişimine ilişkin oldukça açıklayıcı bir grafik Wikipedia’da verilmiştir (Wikipedia, 2020). Yüksek  $T_c$  değerine sahip yeni nesil süperiletkenlerin ilk keşfedilenlerden farklı elektrodinamik karakteristiklerinin olduğu anlaşıldığından, iki tip süperiletkenlik arasındaki farkı ortaya koymak için bu yeni nesil süperiletkenliğe, Tip-II süperiletkenlik denilmiştir. Yeni nesil yüksek sıcaklık süperiletkenleri, yüksek  $T_c$  değerlerine sahip olmaları nedeniyle, oldukça pahalı ve meşakkatli olan sıvı Helyum ortamında soğutma yapma zorunluluğunu ortadan kaldırarak, oldukça ucuz, kolay elde edilebilir ve daha güvenli olan sıvı nitrojen (azot) ortamında çalışmayı mümkün kılmıştır. Bu sayede, süperiletkenlik araştırmaları dünya genelinde yaygınlaşarak büyük bir ivme kazanmış ve teknolojik uygulamalarda yer bulmaya başlamıştır. Nihayetinde de günümüzün modern fen ve mühendislik müfredatına girmiştir. Burada, sıvı Helyum ve sıvı azot için kaynama sıcaklıklarının atmosferik basınç altında sırasıyla: ~4.2 K ve ~77 K olduğunu belirtmekte yarar vardır. Bu malzemelerden özellikle YBCO olarak isimlendirilen Y-Ba-Cu-O ve BSCCO olarak isimlendirilen Bi-Sr-Ca-Cu-O yapısının oldukça geniş uygulamaları olduğunu görüyoruz.

Süperiletkenlik araştırmalarında yer alan bir önemli husus da tek faza sahip yüksek  $T_c$  malzemenin homojen olarak üretilebilmesidir. Aynı yapıda olduğu bildirilen BSCCO gibi bazı Yüksek  $T_c$  süperiletken malzemelerin, üretim koşullarına bağlı olarak birbirinden farklı  $T_c$  değerleri olabildiğini biliyoruz (Deniz ve ark., 2012; Deniz ve Salıç Başaran, 2019; Sarkar ve ark. 1990). Bunun sebebi şöyle izah edilebilir: Söz konusu yüksek  $T_c$  süperiletkenleri, %100 homojenlikte aynı yüksek  $T_c$  malzemedan üretilmemektedir, malzemenin içeriğinde belli konsantrasyonlarda bir ya da birden fazla farklı  $T_c$  fazı içeren kristal yapılar ister-istemez bir

arada oluşmaktadır. Örneğin, bu çalışmada kullanılan ve teknolojik öneme sahip olan Bi tabanlı yüksek sıcaklık süperiletkenleri (BSCCO: Bi-Sr-Ca-Cu-O), 7 K'lık (2201) alçak  $T_c$  fazı, 85 K'lık diğer (2212) alçak  $T_c$  fazı ve 110 K'lık (2223) yüksek  $T_c$  fazı şeklinde üç temel faza sahiptirler (Deniz ve ark., 2012; Salış Başaran ve Deniz, 2019; Sarkar ve ark. 1990). Buradaki parantez içindeki rakamlar sırasıyla Bi, Sr, Ca, Cu atomlarının moleküler yapıdaki oranlarını gösterirler (Oksijenin katsayısı  $8+x$  olup hepsinde yaklaşık olarak aynı olduğundan söylenmez). Örnek içerisinde farklı ısı işlemleri (2201) düşük  $T_c$  fazı yok edilebilse de diğer iki faz kaçınılmaz olarak bir arada bulunmakta olup, malzemenin imalat koşullarındaki (tavlama-sinterizasyon sıcaklığı ve süresi, pelletleme basıncı, vs.) değişikliklerle ya da yapıya yabancı atom katılmakla yüksek  $T_c$  fazının hacim oranının artırıldığı, bu şekilde üretilen yeni malzemenin  $T_c$  değerinin hatırı sayılır ölçüde artırılabilirdiği ve daha keskin faz geçişiyle birlikte elektrodinamik özelliklerinin geliştirilebildiği literatürde görülmektedir (Örn.: Deniz ve ark., 2012; Salış Başaran ve Deniz, 2019; Sarkar ve ark. 1990; Dou ve ark., 1988; Takano ve ark., 1988). Yüksek  $T_c$  fazının hacimsel oranı arttıkça faz geçişlerinin, arzu edildiği gibi, daha keskin olduğu görülür. BSCCO sistemi için, bu kaçınılmaz iki temel fazın moleküler yapıları incelendiğinde, birim hücrelerinde farklı sayıda Cu-O düzlemi bulunduğu görülmüştür. Alçak  $T_c$  fazı olarak bilinen  $Bi_2Sr_2Ca_1Cu_2O_{8+x}$  (2212) yapısında iki, yüksek  $T_c$  fazı olarak bilinen  $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{8+x}$  (2223) yapısında ise üç adet Cu-O düzlemi bulunmaktadır. Bu düzlemlerin süperiletkenlikten sorumlu olduğu düşünülmektedir (Serway, 1992).

Süperiletkenliğin tarihsel gelişimine baktığımızda, süperiletkenlik araştırmalarının ve neticede de günümüz modern lisans/lisansüstü eğitim müfredatının bu konuda üç ana başlıkta seyrettiğini görüyoruz (Wikipedia, 2020; Deniz ve ark., 2012): *i*) Geçiş sıcaklığı başta olmak üzere karakteristik parametreleri yüksek olan yeni süperiletken malzemeler sentezleyebilmek, *ii*) Süperiletkenliğin doğasını ve ezber bozan ilginç karakteristik özelliklerini mikroskobik açıdan daha iyi anlayabilmek, *iii*) Bütün bu olağan dışı fiziksel hal olan süperiletken halin olağanüstü özelliklerinden yararlanarak mühendislik uygulamalarını yapabilmek. Özellikle yüksek  $T_c$  süperiletken malzemeler ailesinin keşfedilmesi ile birlikte 1987 den itibaren mühendislik uygulamalarının git-gide yaygınlaşma imkanı bulduğunu ve R-T karakteristiğinin en az hatayla yapılmasının, aşağıda da ele alınacağı üzere, en elzem husus olduğunu görüyoruz. Yüksek sıcaklık süperiletkenliğinin fen ve mühendislik eğitimindeki yeri ve önemi bu bağlamda vurgulandıktan sonra, böyle bir eğitim amaçlı düşük maliyetli R-T analiz sistemlerinin ölçütlerini incelemek üzere, gerekli olan temel elektrodinamik özellikler aşağıda özetlenmiştir.

### Elektrodinamik özellikler: Tip-I ve Tip-II Süperiletkenlik

Süperiletkenler magnetik alan içerisindeki davranışlarına göre iki sınıfta değerlendirilirler. Genel olarak, I. tip süperiletkenler metal ve alaşımlardan oluşup oldukça düşük karakteristik parametrelere sahiptirler. II. tip süperiletkenler ise, bazı alaşımlarda, geçiş elementleri ile aktinid serisi içeren bileşiklerin seramik yapılarında ve özellikle de laboratuvarlarda sentezlenen oldukça karmaşık yapıya sahip bileşiklerde görülmektedir. 1933 yılında süperiletkenlerin magnetik özelliklerini inceleyen W. Hans Meissner ve Robert Ochsenfeld, magnetik alan ortamında kritik sıcaklık değerinin altına doğru soğutulduğunda, magnetik akının süperiletken tarafından dışlandığını gözlediler (Meissner ve Ochsenfeld, 1933). Bu olay günümüzde süperiletken hal ya da meissner hali olarak adlandırılır. Diğer taraftan, sıcaklığa bağlı belli bir magnetik alan değeri,  $H_c(T)$ , aşıldığında süperiletken halin kaybolduğunu belirttiler. Böylece kritik sıcaklığın yanısıra, "Kritik Magnetik Alan Şiddeti",  $H_c(T)$ , kavramı da ortaya çıktı. Süperiletkenliğin keşfinin hemen ardından bulunan süperiletken metal ve alaşımlar oldukça küçük (~100 G) kritik magnetik alan değerlerine sahiptirler.  $H_c(0)$  değeri mutlak sıfır için kabul edilen kritik magnetik alan değeri olmak üzere, kritik sıcaklık değerinin altındaki herhangi bir T sıcaklığı için kritik magnetik alan,  $H_c(T)$ ;

$$H_c(T) = H_c(0)[1 - (T/T_c)^2] \quad (1)$$

bağıntısıyla hesaplanır (Deniz, 2012; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992).

Kritik magnetik alan için,  $H_c$  yerine  $B_c$ 'de kullanılabilir. Bu durumda aralarındaki ilişki,  $\mathbf{B} = \mu\mathbf{H}$  şeklindedir. Süperiletkene uygulanan magnetik alan,

$$\mathbf{B} = \mu_0\mathbf{H} + \mu_0\mathbf{M} = (1 + \chi)\mu_0\mathbf{H} = \mu_r\mu_0\mathbf{H} = \mu\mathbf{H} \quad (2)$$

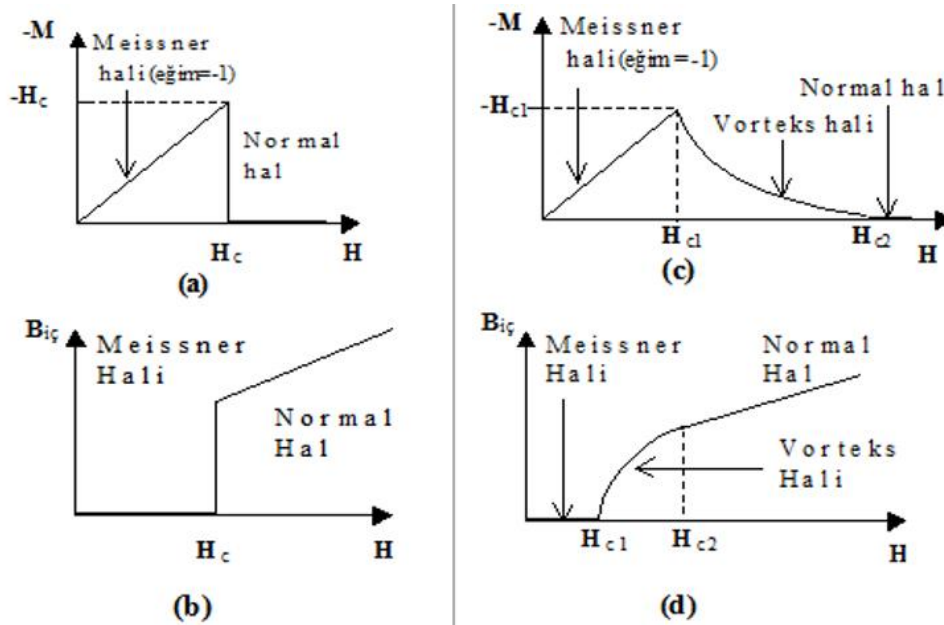
şeklinde olup, burada  $\mathbf{M}$  magnetizasyon (mıknatıslanma) vektörüdür. Süperiletken halde bulunan süperiletkenin içinde, mükemmel diamagnetizma gereği magnetik alan şiddeti  $\mathbf{H} = -\mathbf{M}$  ve dolayısıyla da ( $\mathbf{M} = \chi\mathbf{H}$ )  $\rightarrow \chi = -1$  ve  $\mu_r = 0$  olur. Ayrıca,  $\mathbf{H}(T)_{maks.} = \mathbf{H}(0)$  olduğundan, benzer şekilde,  $\mathbf{B}(T)_{maks.} = \mathbf{B}(0)$ 'dir (Deniz ve ark., 2012; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992). Tip I süperiletkenin manyetik alan içerisindeki davranışı Şekil 1'de (sol sütunda) verilmiştir.



II. tip süperiletkenlerin varlığı ilk olarak 1957 yılında Abrikosov tarafından ileri sürülmüştür (Abrikosov, 1957). II. tip süperiletkenler Meissner halinin yanı sıra, "Vorteks hal" veya "Karışık hal" olarak adlandırılan farklı bir faza daha sahiptir. Tip-II süperiletkenler için  $H_{c1}$  ve  $H_{c2}$  olarak belirtilen iki adet kritik magnetik alan parametresi söz konusudur. Bunlardan,  $H_{c1}$  "alt kritik magnetik alan",  $H_{c2}$  de "üst kritik magnetik alan" şeklinde adlandırılırlar. Dışarıdan uygulanan  $H$  magnetik alanı içinde, II. tip süperiletkenlerin davranışları şu şekilde özetlenebilir (Deniz ve ark., 2012; Rose-Innes ve Rhoderick, 1980; Serway, 1992):

- $H < H_{c1}$  ise süperiletken hal veya Meissner hali
- $H_{c1} < H < H_{c2}$  ise karışık hal veya vorteks hali
- $H_{c2} < H$  ise normal hal

Burada a) ve c) durumları için davranış I.tip süperiletkenlerle aynıdır. Fakat, II.tip süperiletkenlerde geçiş sıcaklığının yanı sıra  $H_{c2}$  parametresi, I. tip süperiletkenlerin  $H_c$  parametrelerinden oldukça yüksek olduğundan teknolojik öneme sahiptirler. Yukarıdaki b) durumunda oluşan vorteks hal ise sadece II. tip süperiletkenlere özgüdür. I. tip ve II. tip süperiletkenlerin magnetik alan altındaki davranışları, yine karşılaştırmalı olarak Şekil 1'de yan yana verilmiştir. Bu çalışmada, düşük maliyetli R-T ölçüm sistemlerinin tasarım ölçütleri, oldukça yüksek karakteristik parametrelere sahip olması itibariyle bilimsel ve teknolojik öneme sahip olan tip-II sınıfına giren yüksek sıcaklık süperiletkenleri için incelenmiştir.



Şekil 1: Tip I (sol sütun) ve Tip II (sağ sütun) Süperiletkenliğin manyetik davranışları

## YÜKSEK $T_c$ SÜPERİLETKENLERİN R-T (DİRENÇ-SICAKLIK) KARAKTERİZASYONLARI İÇİN DÜŞÜK MALİYETLİ TASARIM ÖLÇÜTLERİ

Katı hal reaksiyon yöntemiyle hazırlanan ve tip-II sınıfına giren yüksek  $T_c$  Süperiletken malzemelerin, direnç-sıcaklık ölçümleri geleneksel olarak DC ya da AC dört-nokta uç yöntemiyle yapılmaktadır (Deniz ve ark., 2012). Bu yöntemle ölçüm yapmak için, örnekler ince ( $\approx 1-2$  mm) dikdörtgenler prizması şeklinde kesilir ve üzerine eşit mesafede gümüş pasta ile dört adet gümüş kontak atılır. AC yöntem tercih ediliyorsa, örnekler, osilatör tarafından verilen düşük frekans ve minimum genlikte alternatif sinyalle dış uçlardan uyarılır ve iç uçlardan alınan tepki lock-in işlemi neticesinde alınarak incelenir. DC yöntem kullanılıyor ise, dış uçlardan düşük bir DC uyartım akımı verilir ve iç uçlarda oluşan potansiyel ölçülür. Bu yöntemlerle direnç ölçümünde kullanılan standart ölçüm düzenekleri literatürde mevcuttur (Örn.; Deniz ve ark., 2012). Düşük sıcaklıklarda çalışılacağı için, ısıtma/soğutma işlemleri, hassasiyet ve maliyet parametreleri bakımından oldukça geniş yelpazede kriostat sistemlerinin kullanımını mümkün kılmaktadır. R-T ölçümüne ilişkin bu hususların uygun seçilmesi ile, hassasiyetten biraz taviz vermek karşılığında oldukça önemli R-T ölçümlerinin yapılması mümkündür (Deniz ve ark., 2012). Bu bağlamda, düşük maliyetli, eğitim amaçlı R-T ölçüm sistemlerinin tasarımlarına ilişkin bazı temel ölçütler, yukarıda incelenen elektrodinamik özellikler ışığında aşağıdaki başlıklarda incelenmiştir.

## DC ve AC uyarım sinyali tercihinin etkisi

AC ölçümde giriş-kilitleme yükseltici (Lock-in amplifier) dış uçlardan uygulanan düşük frekans ve genlikli AC sinyalle aynı fazda olan tepkiyi (iç uçlarda düşen sinyali) takip etmektedir (Deniz ve ark., 2012). Yükseltec, girişine gelen mikrovolt seviyesindeki sinyalleri osilatörden verilen referans sinyali ile kıyaslayarak, aynı fazda olanları bir milyon kat mertebesinde büyütüp DC voltaj olarak çıkıştan verir. Sistem normalde, dış etkenlerden kaynaklanan parazitleri ve gürültüyü minimuma indirmek için iyi bir topraklama tertibatını gerekli kılar ve bu da DC ölçüm için önemli bir dezavantajdır. AC yöntem ise, faz kilitleme, yükseltme ve filtreleme özellikleri sayesinde bu bakımdan daha avantajlıdır ve oldukça yüksek hassasiyet gerektiren bilimsel araştırmalarda tercih edilmektedir. Burada mühendislik eğitim laboratuvarı için düşündüğümüz ölçümlerimizin, hassasiyetten biraz taviz verme karşılığında DC 4 nokta-uç yöntemiyle de ölçülmesi mümkündür. Ancak burada DC uyarım akımının seçiminde bazı ölçütler vardır. Örneğin; DC uyarım akımı yüksek olduğunda, süperiletken hale geçmeden önceki sıcaklıklarda ( $T > T_c$  iken) iç kontaklardan ölçülecek voltaj da büyük olacağından, gürültüden ayırt edilebilirliği artacaktır (ölçüm voltajının üzerine yüzdece gürültü daha az binecektir). Buna karşın, gümüş kontaklara ilişkin kontak direnci nedeniyle yüksek akım, Joule-ısı kaybı nedeniyle R-T ölçüm hassasiyetini olumsuz etkileyecektir. Tipik olarak, 1mA ve 10mA civarında uyarım akımlarıyla güzel sonuçlar alınabilmektedir (Deniz ve ark., 2012). Bununla birlikte, kontak kalitesi yükseldikçe (yani kontak direnci düştükçe) daha yüksek uyarım akımlarıyla çalışmanın mümkün hale geleceği aşıkardır.

## Kriyostat tipinin etkisi

Yüksek sıcaklık süperiletkenliğinin gerektirdiği sıcaklık ölçüm aralığı, tip-II sınıfına giren yüksek sıcaklık süperiletkenlerinin geçiş sıcaklıklarını içeren  $77K < T < 293K$  aralığıdır. Burada sıvı azot kaynama sıcaklığı 77K civarı olduğundan, sıvı helyuma göre oldukça ucuz ve kolay olan azot soğutmalı kriyostatlar, hassasiyetten taviz vermek gerektirmeksizin, düşük maliyetli R-T ölçüm sistemlerinde tercih sebebidir. Hassasiyet bakımından sorun teşkil etmediğinden, hassasiyetin önemli olduğu ileri düzey akademik araştırmalarda dahi yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, oldukça düşük kritik sıcaklık değerlerine sahip olan tip-I düşük sıcaklık süperiletkenliği araştırmaları, sıvı helyum kriyostatlarını gerektirmektedir. Burada konumuz olan yüksek sıcaklık süperiletkenliğinin R-T ölçümleri için, iki tür sıvı azot soğutmalı kriyostat sistemi ile karşılaşmaktayız: i) Kapalı çevrim, ii) Açık çevrim. Kapalı çevrim olanlara doldurulan azot oldukça yüksek termal yalıtım nedeniyle uzun süre sistemde kapalı kalarak korunur ve kullanılacağı zaman kapalı çevrim döngüsüyle çalışarak süperiletkeni soğutur. Fakat maliyeti oldukça yüksektir. Bu tür sistemlerde, içine depolanan azotun aylar mertebesindeki uçma süresi içinde kaç tane R-T ölçümü yapılacağı hususu maliyet analizi gerektirir. Açık sistemler ise oldukça ucuzdur fakat azot çabucak uçarak havaya karıştığından, art arda çok sayıda yapılacak ölçmeler olduğunda, tüketilecek azot miktarı dikkate alınarak, kapalı sistem veya açık sistem tercihi, gerekli maliyet hesabıyla yapılabilir. Özetle, art arda az sayıda fakat uzun vadede zahmetsiz ve tekrarlanabilir ölçme için kapalı sistem, art arda çok sayıda fakat azot uçarak tükendikten uzun süre sonra tekrar ölçümler için azot tedariki sorun teşkil etmeyecekse açık sistemlerin tercih edilmesi maliyet açısından avantajlıdır ve bu hususlar ölçüm hassasiyeti bakımından sorun teşkil etmemektedir.

Düşük maliyetli ve hassasiyetin çok önem arz etmediği fen ve mühendislik eğitimi amaçlı R-T ölçüm sistemlerinde, kapsamlı kriyostatlar yerine çok basit sıvı azot banyolu sistemlerin de işe yaradığını görmekteyiz (Örn.: Leon-Rossano, 2007). Burada dikkat edilmesi gereken ölçütler, esasen ölçülecek süperiletken malzemenin ısıl (termal) iletkenliği ile alakalıdır. Şöyle ki; aşağıda tartışılacak sıcaklık ölçme yöntemlerinde görüleceği gibi, ölçülecek süperiletken malzemenin yakınına sıcaklık sensörü konulmaktadır. Ölçülen direnç değerine karşılık ölçülen sıcaklık değeri, malzemenin içinin o anki sıcaklık değeri değil dış yüzeyinin sıcaklığı olacaktır. Dış ortam sıcaklığının malzeme içine nüfuz etmesi, malzemenin termal iletkenliği ile alakalıdır. Yüksek  $T_c$  süperiletken malzemelerin elektriksel iletkenliği, süperiletken hale geçmek üzere iken ( $T > T_c$ ) oldukça yüksek olmasına karşın (örn.: BSCCO için  $1-10 \sim m\Omega \cdot cm$  mertebesinde), termal iletkenliği oldukça düşüktür (Örn.: BSCCO için  $1-10 mW/cmK$  mertebesinde (Dhami ve Dey, 2000)). Bu durumda hassas ölçüm yapmak için oldukça yavaş soğutma/ısıtma gerekmektedir. Bu nedenle, yukarıda tartışılan kapalı çevrim veya açık çevrim sıvı azot soğutmalı, soğutma/ısıtma hızı kontrol edilebilir kriyostat sistemleri, yukarıda belirtilen kıstaslar dahilinde önem arz etmektedir. Fakat direkt sıvı azot kabına daldırılan YBCO sistemlerinde dahi fen ve mühendislik eğitiminde kullanılmak üzere, kabaca da olsa, kabul edilebilir hassasiyette R-T ölçümü yapılabildiği ve yüksek maliyetli kriyostatlar gerekmediği aşıkardır (Leon-Rossano, 2007). Bununla birlikte, hassasiyeti biraz daha arttırmak ve soğutma/ısıtma hızını kontrollü şekilde yavaşlatabilmek için, sıvı azot kabına yaklaştırılan (veya daldırılan) pirex ya da benzeri tüp içinde vakum

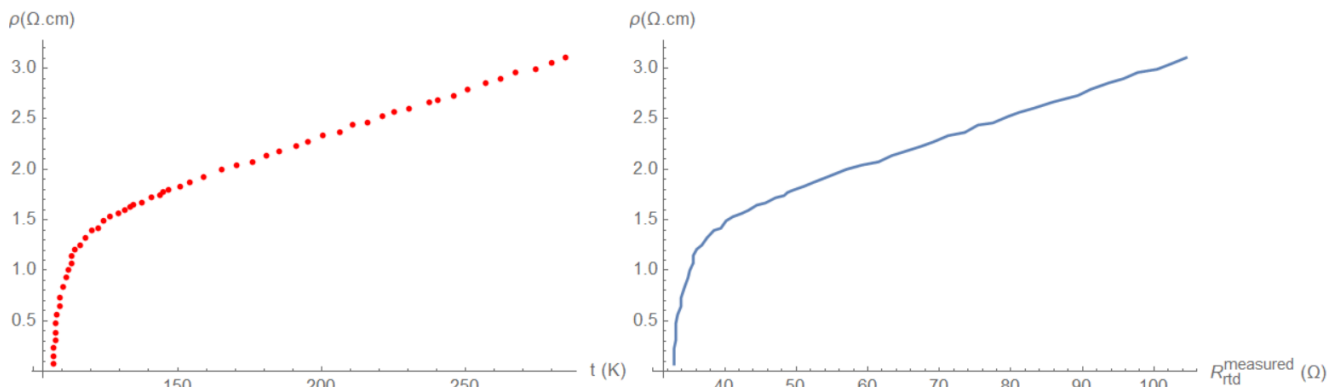
ortamda soğutmalı oldukça ekonomik tasarımlar da mümkündür (Deniz ve ark., 2012). Burada dikkat edilecek husus, yukarıda süperiletken malzemelerin elektrodinamik özelliklerini incelerken vurguladığımız sıfır manyetik alan ilkesine, daha teknik tabirle: ZFC (zero-field-cooling) ilkesine riayet etmektir. Zira, manyetik alanın sıfır olmadığı ortamlarda ölçülecek R-T karakterizasyonları hatalı olacak ya da hassasiyeti olumsuz etkileyecektir. Bu nedenle, manyetik alan oluşumunu engellemek üzere, ters sarımlı ısıtma bobinleri, ya da maliyeti arttırmak pahasına farklı ısı kontrol sistemleri kullanmak gerekecektir (Ör: Deniz ve ark., 2012). Bu sayede, hızlı soğuyan sistemi elektrik enerjisiyle gerektiği kadar ısıtarak soğuma hızını otomatik bir şekilde kontrol etmek mümkündür.

### Sıcaklık ölçüm yönteminin etkisi

R-T ölçümlerinde termočiftler ya da Direnç/Dirençsel-Sıcaklık algılayıcılar (İng.: RTD: Resistance/Resistive-Temperature Detector) kullanılmaktadır. Bunlar, maliyet, hassasiyet, uzun süre tekrarlanabilirlik gibi kriterlere göre tercih edilirler. Bilindiği gibi, termočiftler iki farklı metalin fiziksel temasıyla elde edilen çok basit ve ucuz aktif sensörlerdir. Fakat, kalibrasyon gerektirmesinin yanısıra, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak Seebeck etkisiyle üretilen çok düşük voltajın hassas bir şekilde okunarak gerekli düzeye yükseltilmesi ekstra maliyet gerektirir. Öte yandan RTD'ler, biraz daha yüksek maliyetli olmasına karşın, sadece sıcaklığın fonksiyonu olan elektriksel direncin ölçülmesini gerektirdiğinden, termočiftler gibi ekstra maliyeti yoktur ve pasif sensörlerdir. Genel olarak, Pt-100 veya Pt-111 tipi RTD sensörler, hem ileri düzey hassas araştırmalarda, hem de burada incelenen düşük maliyetli sistemlerde rahatlıkla kullanılabilir (Deniz ve ark., 2012).

### DENEYSSEL: DURUM İNCELEMESİ

Burada, geleneksel katı hal reaksiyon yöntemine göre ve Dhimi ve Dey (2000) çalışmasında belirtilen koşullara göre hazırlanan  $\text{Bi}_{1.6}\text{Pb}_{0.4}\text{Sr}_2\text{Ca}_2\text{Cu}_3\text{O}_y$  hacimli (bulk) seramik örneklerin dört-nokta-uç AC prob yöntemiyle yapılan R-T karakterizasyonlarında, yukarıda ele alınan ölçütler dahilinde sıcaklığın hatalı ölçülmesi durumunda R-T ölçümüne ve dolayısıyla da  $T_c$  değerinin tespitinde sebep olacağı hata incelenmiştir. Grafiği Şekil 2'de verilen R-T karakterizasyonunda direnç ölçümünün hatasız olduğunun varsayıldığı, Şekil 3'de ise, sadece sıcaklığın  $\pm\%10$  hatalı ölçüldüğü bir özel durum incelenmektedir. Şekil 2'de soldaki grafik, böyle bir hatasız karakterizasyona ilişkin “özdirenç-sıcaklık ( $\rho$ -t)” grafiği, sağdaki grafik ise, buna karşılık gelen “özdirenç-RTD direnci ( $\rho$ - $R_{\text{rtid}}$ )” grafiğidir. Bunun hiç bir hata yapılmadan ölçülen mükemmel bir karakterizasyon olduğunu kabul ederek analizimize başlayalım ve bu mükemmel ölçüme nazaran, yukarıda incelenen kriterlerin neticesinde sadece direnç ölçümüne ilişkin hata yapıldığını varsayarak,  $\%10$  düşük ve  $\%10$  fazla Pt-100 RTD direnci ölçülmesi durumunda  $T_c$  değerinin tespitine etkisinin nasıl olacağını inceleyelim.

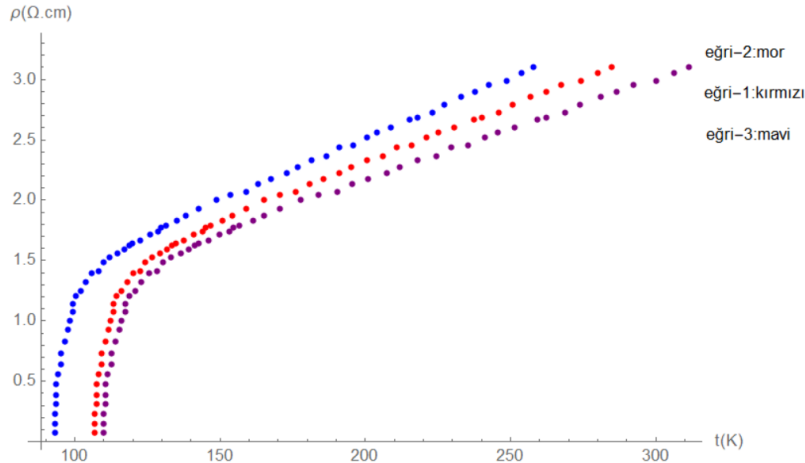


Şekil 2: DeneySEL “özdirenç-sıcaklık ( $\rho$ -t)” grafiği ve “özdirenç-RTD direnci ( $\rho$ - $R_{\text{rtid}}$ )” grafiği (mükemmel kabul edilen karakterizasyon ölçüm verileri)

Deneysel ölçümde kullanılan Pt-100 RTD'nin diencinin sıcaklığa bağlı fonksiyonu oldukça iyi olan lineer yaklaşımla:

$$R_t(t) \approx R_0(1 + At) \quad (3)$$

olarak verilir (Deniz ve ark., 2012). Burada,  $A = 3.9083 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 'dir. Bu durumda, şekil 2 soldaki deneysel  $\rho$ -t grafiği, sağda verilen  $\rho$ - $R_{\text{rtd}}$  grafiği ile özdeştir. Şekil 2 sağdaki grafikte sadece Pt-100 RTD'nin direncinin tüm veriler için önce i) %10 daha düşük ve sonra da ii) %10 daha büyük ölçülmesi durumlarına ilişkin  $\rho$ -t grafikleri Şekil 3'de verilmiştir. Görüldüğü gibi, bütün elektrodinamik davranışları etkileyen  $T_c$  değerleri, mükemmel kabul edilen ölçüme göre ciddi şekilde hatalı tespiti sebep olmaktadır.



Şekil 3:  $\rho$ -t eğrileri: eğri-1 (kırmızı): hatasız karakterizasyon, eğri-2 (mor): sadece Pt-100 RTD'nin %10 düşük ölçülmesi durumunda elde edilecek karakterizasyon eğrisi, eğri-3 (mavi): sadece Pt-100 RTD'nin %10 yüksek ölçülmesi durumunda elde edilecek karakterizasyon eğrisi

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Yukarıda, süperiletkenlik olayının temel elektrodinamik özellikleri ele alınarak, temel bilimler ve mühendislik eğitimindeki yeri ve önemi vurgulanmıştır. Burada en temel ölçümün direnç-sıcaklık: R-t (veya öz direnç-sıcaklık:  $\rho$ -t) olduğunu ve bu sayede kritik sıcaklık değerinin doğru tespit edilmesinin önemi ortaya konmuştur. Bu bağlamda, fen ve mühendislik bilimleri eğitiminde kullanılmak üzere tasarlanan düşük maliyetli R-t ölçüm sistemlerinin temel tasarım ölçütleri, elektrodinamik davranışlar kapsamında incelenmiş ve bu ölçümlerden sıcaklığa ilişkin  $\pm$ %10 hatalı ölçümün  $T_c$  değerinin tespitine olan etkisi BSCCO sistemi üzerinde deneysel basitleştirilmiş bir durum incelemesi olarak ele alınmıştır. İncelenen bu ölçütler kapsamında yapılacak R-t ölçüm sistemi tasarımlarının, fen ve mühendislik bilimleri ile çok disiplinli alanlarda lisans ve lisansüstü eğitim amaçlı kullanımı için yeterli hassasiyet ve güvenilirliği temin etmesinin mümkün olduğu görülmektedir.

## TEŞEKKÜR VE EK BİLGİ

Bu proje, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri koordinatörlüğü tarafından MF-18021 nolu proje kapsamında kısmen desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Abrikosov, AA 1957. On the magnetic properties of superconductors of the second group, Sov. Phys. JETP, 5: 1174-1182.
- Bednorz JG, Müller KA 1986, Possible high  $T_c$  superconductivity in the Ba-La-Cu-O system., Z. Physik, B 64 (1): 189-193.
- Dhami AK ve Dey TK 2000, Temperature dependence of thermal conductivity of vanadium substituted BPSCCO system between 10 and 150 K, Bull. Mater. Sci., Vol. 23, No. 5, pp. 439-445.
- Deniz C, Demircioğlu P, Böğrekci İ, and Durakbasa MN 2012, Electrodynamical considerations in R-T measurements of high  $T_c$  bulk superconductivity an inexpensive set up design, Quality-Access to Success, vol. 13, pp. 325-332.
- Dou SX, Liu HK, Tan NX, Sheng YJ, Jones WK 1998, Effect of Sb substitution on  $T_c$  in Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O systems, Physica C, 158(1-2) : 97-101.

- IEEE CSC (Council of Superconductivity) brochure 2009, Superconductivity Present and Future Applications. Available at [http://www.ccas-web.org/pdf/ccas\\_brochure\\_web.pdf](http://www.ccas-web.org/pdf/ccas_brochure_web.pdf) [18.10.2020].
- Jensen BB, Abrahamsen AB, Sørensen MP 2011, A Course on Applied Superconductivity Shared by Four Departments, Proceedings of the 7th International CDIO Conference, Technical University of Denmark, Copenhagen, June 20 – 23rd 2011.
- Larbalestier D, Gurevich A, Feldmann DM, Polyanskii A 2001, High-T<sub>c</sub> superconducting materials for electric power applications, *Nature*, 14: 368-377.
- Leon-Rossano LM 1997, An inexpensive and easy experiment to measure the electrical resistance of high-T<sub>c</sub> superconductors as a function of temperature, *Am. J. Phys.*, 65(10): 1024-1026.
- Maeda H, Tanaka Y, Fukutumi M, Asano T 1988, A New High-T<sub>c</sub> Oxide Superconductor without a Rare Earth Element, *Japanese Journal of Applied Physics*, 27: L209–L210.
- Meissner W, Ochsenfeld R 1933, Upper Critical Fields of High-T<sub>c</sub> Superconducting Y-Ba-Cu-O, *Nature*, 132: 931-935.
- Narlikar AV 2004a, High Temperature Superconductivity 1: Materials, Springer-Verlag, Berlin.
- Narlikar AV 2004b, High Temperature Superconductivity 2: Engineering Applications, Springer-Verlag, Berlin.
- Official Bulletin of University of Rochester 2009, undergraduate studies 2009-2011. Available at <http://www.rochester.edu/bulletin/assets/pdf/URbulletin09-11.pdf> [18.10.2020].
- Onnes HK 1911, The resistance of pure mercury at helium temperatures. *Commun. Phys. Lab. Univ. Leiden* 12: 120.
- Osorio MR, Morales AP, Rodrigo JG, Suderow H, Vieira S 2012, Demonstration experiments for solid state physics using a table top mechanical Stirling refrigerator, *Eur. J. Phys.*, 33: 757-770.
- Rose-Innes AC 1980, Rhoderick E. H., Introduction to Superconductivity, 2nd ed., Pergamon, GBR.
- Sarkar AK, Maartense I, Kumar B, Peterson TL 1990, Effect of sintering temperature on the superconductive properties of Bi(Pb)-Sr-Ca-Cu-O ceramics, *Supercond. Sci. Technol.* 3(4): 199-203.
- Schilling A, Cantoni M, Guo JD, Ott HR 1993, Superconductivity above 130 K in the Hg-Ba-Ca-Cu-O system, *Nature*, 363: 56-58.
- Serway RA 1992, Physics for Scientists and Engineers, 3rd ed. (updated version), Saunders College Publishing, International ed.
- Salış Başaran R, Deniz C 2019, Study of calcination and sintering repetition of Pb doped Bismuth based high T<sub>c</sub> superconductors by structural analyses, *American Institute of Physics: Conference proceedings*, vol. 2178, no. 30013, pp. 1–4.
- Schwarz M, Weiss K-P, Heller R, Fietz WH 2008, Thermal conductivity measurement of BSCCO tapes for current lead applications, *AIP Conference Proceedings* 986, 445. Available at <https://doi.org/10.1063/1.2900381> [18.10.2020].
- She J-L and Liu R-S 2008, A Simplified Synthetic Experiment of YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> Superconductor for First-Year Chemistry Laboratory, *Journal of Chemical Education*, 85, (6): 825-826.
- Sheng ZZ, Hermann AM 1988, Bulk superconductivity at 120 K in the Tl–Ca/Ba–Cu–O system, *Nature* 332: 138 – 139.
- Putilin SN, Antipov EV, Chmaissem O, Marezio M 1993, “Superconductivity at 94 K in HgBa<sub>2</sub>CuO<sub>4+δ</sub>”, *Nature*, 362: 226-228.
- Wu MK, Ashburn JR, Torng C 1987, Superconductivity at 93 K in a new mixed phase Y-B-Cu-O Compound System at Ambient Pressure, *Phys. Rev. Lett.*, 58(9): 908-910.
- Wikipedia 2020, [https://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_superconductivity](https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_superconductivity) [18.10.2020].
- Takano M, Takada J, Oda K, Kitaguchi H, Miura Y, Ikeda Y, Tomii Y, Mazaki H 1988, High-T<sub>c</sub> phase promoted and stabilized in the Bi, Pb-Sr-Ca-Cu-O System, *Jap. J. Appl. Phys.*, 27(6): L1041-L1043.

## Polipropilen lifli betonun davranışı üzerine deneysel bir araştırma

Orhan Kahraman<sup>1</sup>(<https://orcid.org/0000-0001-5208-980X>), Selçuk Kaçın<sup>2</sup>(<https://orcid.org/0000-0001-5406-5756>)

<sup>1</sup>İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İskenderun, Türkiye

<sup>2</sup>İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İskenderun, Türkiye

E-mail: orhankahraman.mf17@iste.edu.tr, selcuk.kacin@iste.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, lifli beton elemanların davranışı üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada referans (lifsiz) beton ve lifli betonlar üretilmiştir. Üretilen betonlar 10 ve 15cm'lik küp numuneler ve 10\*10\*50cm boyutlarında beton kirişlerdir. Farklı hacim oranlarında (%0.2, %0.4, %0.6, %0.8) lifler ilave edilerek beton karışımları hazırlanmıştır. Beton karışımlarında 4-11mm agregası, 400 doz çimento ve su/çimento oranı 0.5 olup sabit tutulmuştur. Referans (lifsiz) beton ile değişen lif hacimlerinde beton elemanların mekanik (basınç, eğilme) ve fiziksel davranışları (dikey aşınma) irdelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Lifli beton, mekanik ve fiziksel davranış, basınç, eğilme.

### Abstract

In this study, an experimental study was conducted on the behavior of fibrous concrete elements. Reference (fiberless) concrete and fiber concrete were produced in the study. The concretes produced are 10 and 15 cm cube samples and 10\*10\*50 cm concrete beams. Concrete mixtures were prepared by adding fibers in different volume ratios (%0.2, %0.4, %0.6, %0.8). In concrete mixes, 4-11mm aggregate, 350 doses of cement and water/cement ratio was 0.5 and kept constant. Mechanical (compression, bending) and physical behavior (vertical abrasion) of concrete elements in varying fiber volumes with reference (non-fiber) concrete were examined.

**Keywords:** Fiber reinforced concrete, mechanical and physical behaviour, compression, flexure.

## 1. Giriş

Betonun basınç mukavemeti yüksek olup çekme mukavemeti düşüktür. Donatı kullanmak çekme mukavemetini artırırken, süneklik, deformasyon, korozyon gibi diğer etkenleri de göz önünde bulundurmak gereklidir. Süneklik, enerji yutma kapasitesi, çatlakların önlenmesi gibi basınç ve çekme dayanımı gibi fiziksel ve mekanik özellikleri geliştirmede katkı malzemelerinin kullanımı oldukça yaygındır. Bu katkı malzemelerinden biri de liflerdir. Lifli betonlarla ilgili literatür taraması yapılmıştır.

Akkaş ve ark. 2010'da yaptıkları çalışmada; polipropilen lif katkılı yarı hafif betonlarla katkısız betonların 7 ve 28 günlük basınç dayanımlarını karşılaştırmışlardır [1]. 7 günlük ve 28 günlük basınç dayanımları karşılaştırıldığında her iki durumda da lif katkılı betonların basınç dayanımı daha fazla çıkmıştır. Koç ve Birinci (2012), fiber (lif) ilavesinin betonun tokluk ve kırılma enerjisini oldukça etkilediğini belirtmiştir [2]. Can ve ark. (2009), beton yol kaplamalarında çelik ve sentetik lif kullanımının etkilerini araştırdılar [3]. Çelik lifle ilgili yapılan araştırmalarda lif katkısının beton performansını ve çatlak oluşumunu nasıl etkilediği üzerinde durulmuştur [4-7].

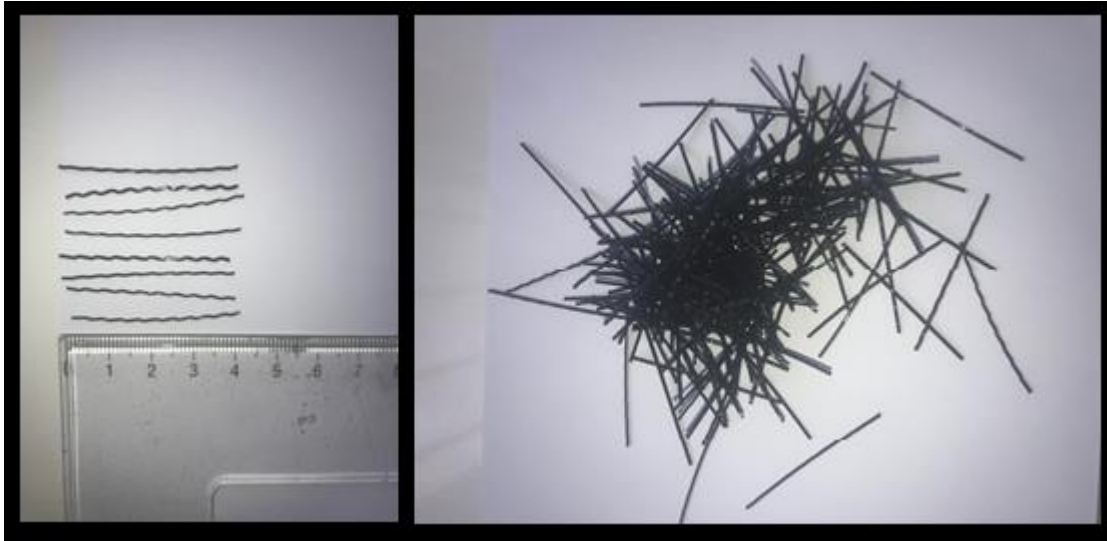
Bu çalışmada sentetik lifli beton elemanlarda fiziksel ve mekanik davranışlar incelenmiştir. Değişen hacim oranlarında (%0,%0.2,%0.4,%0.6,%0.8) lifli betonlar üretilmiştir. Üretilen beton numunelerde beton ultrases hızı ölçümü, beton test çekici, dikey aşınma, basınç ve eğilme testleri uygulanarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve yöntem

Çalışmada kullanılan materyaller; sentetik lif, Portland CEM I 42.5R çimento ( $d= 3,1 \text{ kg/dm}^3$ ), 0-4 mm ve 4-11 mm kırmataş agregası ve İskenderun şebeke suyu'dur. Sentetik lif olan Meyco fiber SP 540 markalı life ait teknik özellikler Tablo 1'dedir. 4mm uzunluğundaki life ait resimler Şekil 1'de yer almaktadır.

**Tablo 1.** Meyco fiber SP 540

Karakteristik	Malzeme Özelliği
Ham Madde	Polipropilen
Uzunluk	40 mm
Renk	Şeffaf-Siyah
Çekme Gerilmesi	550 - 750 MPa
Elastisite Modülü	5,75 GPa
Nominal kesit alanı	0.75mm <sup>2</sup>
Yoğunluk	0,88-0.91 g/cm <sup>3</sup>
Erime Noktası	150-170 °C
Yanma Noktası	398 °C
Su Emilimi	0
Asit / Alkali Direnci	Yaklaşık 900J
Standart	ASTMC-1116



**Şekil 24.** Siyah Polipropilen lif

Meyco fiber SP 540 lif siyah ve tırtıklı yapıya sahip olup bu çalışmada hazırlanan beton karışımlarına değişen hacimlerde ilave edilmiştir.

Deneysel çalışmanın yöntemi: belirlenen oranlarda beton karışımları hazırlanmış (Şekil 2), bu karışımlara lifler ilave edilmiş ve beton numuneler üretilmiştir. Beton karışımlarına birbirinden ayırılabilmesi için kodlama yapılmıştır. (Tablo 2). SP0 lifsiz olup içine hiç lif katılmayan karışımdır. S2, hacimce %0.2 siyah pp lifli karışım, S4 hacimce %0.4 siyah pp lifli karışım, S6 hacimce %0.6 siyah pp lif ilave edilmiş karışımdır. S8 ise hacimce %0.8 siyah pp sentetik lifli karışımı ifade etmektedir.



Şekil 25. Beton karışımlarının hazırlanması

Tablo 2. Beton karışımlarının kodlanması

Beton karışımı	Katkı adı ve oranı (%)
S0	-
S2	Siyah pp lif, %0.2
S4	Siyah pp lif, %0.4
S6	Siyah pp lif, %0.6
S8	Siyah pp lif, %0.8

Üretilen numuneler küp numuneler ve kiriş numuneler olup bu numuneler üretimden 24 saat sonra, 28 gün bekletilmesi için kür havuzuna bırakılmıştır (Şekil 3).



Şekil 26. Küp ve prizma (kiriş) numunelerin kür havuzuna bırakılması

Deneylerde kullanılan küp numuneler 10cm ve 15cm boyutlarındadır. Prizma (kiriş) numune boyutları ise 10cm\*10cm\*50cm'dir (Şekil 4).





Şekil 4. Üretilen beton küp ve kirişler

### 3. Deneyler

Kür havuzundan çıkarılan numunelere tahribatsız deneyler ultra ses hızı ölçümü (UPV), beton test çekici, dikey aşınma testleri uygulanmıştır. Ultra ses hızı ölçümü UPV, TS EN 12504-4 'e göre dalga hızının ölçümü olup dinamik fiziksel özelliklerin belirlenmesinde kullanılır. Her küp numune için en az beşer ölçüm yapılmıştır (Şekil 5). Deneyin uygulandığı numunelere ait ölçüm değerleri Tablo 3'te sunulmuştur.



Şekil 5. Beton test çekici deneyi

**Tablo 3.** Ultrasonik ses hızı testi verileri (m/sn)

Numune türü	Ölçülen ort. değer
S0	4206.4
S2	3422
S4	3234
S6	2887
S8	2614

TS EN 1338'e göre 10cm'lik küp numunelere dikey aşınma testleri uygulanmıştır (Şekil 6). Aşınma yüzdeleri Tablo 4'te sunulmuştur.



**Şekil 6.** Dikey aşınma testi uygulanması

**Tablo 4.** Aşınma miktarları (%)

Numune türü	Ölçülen ort. değer
S0	0.18
S2	0.68
S4	1.56
S6	2.35
S8	3.15

15cm'lik küp numunelere beton test çekici deneyleri uygulanmıştır (Şekil 7). Beton test çekici (schmidt) TS EN 12504-2'ye göre sertleşmiş betonun basınç dayanımı özelliklerinin hasarsız yöntem ile ölçümünde, betonun genel kalitesinin ve betondaki zayıf noktaların tespitinde kullanılan bir yöntemdir. Alınan schmidt çekici değerlerinin okuması ve tepme değerleri tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 7. Beton test çekici deneyi uygulaması

Tablo 4. Schmidt çekici değerleri

Numune türü	Ölçülen ort. değer	Schmidt basınç dayanımı (Mpa)
S0	20	30
S2	13	20
S4	17	24
S6	13	20
S8	16	22

Tahribatsız yöntemlerin sonrasında tahribatlı testlere geçilmiştir. Beton basınç ve eğilme deneyleri yapılmıştır. 15cm'lik küp numunelere basınç deneyleri uygulanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Beton basınç testi

Numunelere ait ortalama basınç dayanımları tablo 5'dir.

Tablo 5. Beton basınç dayanımları

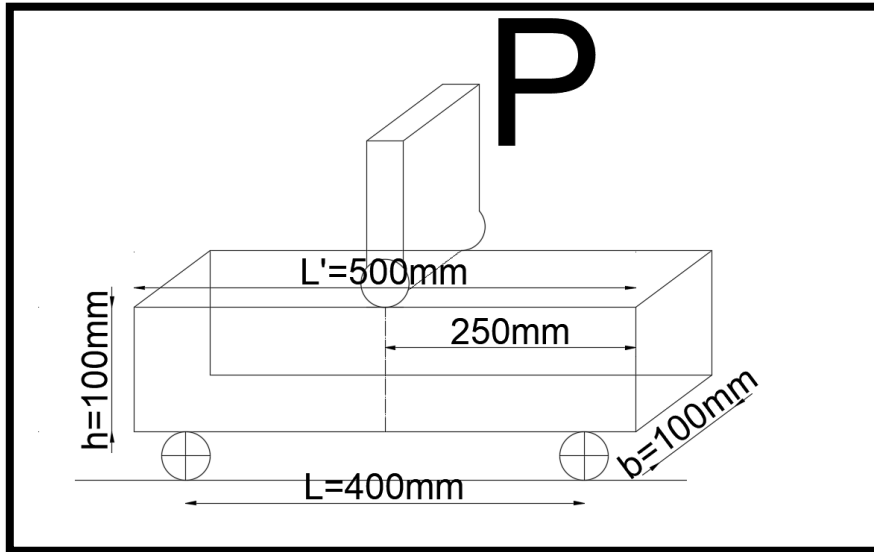
Numune türü	Ölçülen değerler (kN)			Ölçülen ort. değer (kN)
	Numune 1	Numune 2	Numune 3	
S0	342.5	383.57	266.92	287.46
S2	466.9	300.59	352	372.8
S4	355.3	342.8	300.1	332.7
S6	262.43	346.24	370.32	326
S8	311.2	300.59	315	308.93

Beton basınç testi sonrası betonların çatlak durumları incelenmiştir (Şekil 9).



Şekil 27. Basınç testi sonrası numune çatlak durumları

Beton kirişlere 3 noktalı eğilme deneyleri yapılmıştır. Bu deney iki mesnet üzerinde duran numuneye tam ortasından düşey yönde yük verilmesi şeklinde uygulanır. Deney düzeneği Şekil 10'da yer almaktadır. L, Mesnetler arası mesafe, L', kiriş boyu, h, kiriş yüksekliği ve b ise kiriş enini göstermektedir.



Şekil 10. 3 noktalı eğilme deney düzeneği

3 noktalı eğilme deneyi sonrası beton kirişlere ait kırılma durumları Şekil 11'da gösterilmiştir.



Şekil 11.3 Noktalı eğilme deneyi ve kırımların kırılma durumları

Donatısız olarak 10cm\*10cm\*50cm boyutlarında üretilen kirişlere aktarılan maksimum yükler tablo 6'da yer almaktadır.

Tablo 6. Kiriş ortasındaki maksimum yükler

Numune türü	Ölçülen maksimum yükler (kg)			Ölçülen ort. değer (kg)
	Numune 1	Numune 2	Numune 3	
S0	398.6	154.52	240.93	264.68
S2	495.72	428.2	504.22	476.04
S4	423.83	439.7	430.8	431.4
S6	405.5	459.77	379.05	414.77
S8	372.11	314.3	405.27	363.83

#### 4. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada, polipropilen lifli beton bir elemanın davranışı üzerine deneysel bir çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada referans (lifsiz) beton ve lifli betonlar üretilmiştir. Üretilen betonlar 10 ve 15cm'lik küp numuneler ve 10\*10\*50cm boyutlarında beton kirişlerdir. Farklı hacim oranlarında (%0.2, %0.4, %0.6, %0.8) lifler ilave edilerek beton karışımları hazırlanmıştır. Beton karışımlarında 4-11mm agrega, 400 doz çimento ve su/çimento oranı 0.5 olup sabit tutulmuştur. Referans (lifsiz) beton ile değişen lif hacimlerinde beton elemanların mekanik (basınç, eğilme) ve fiziksel davranışları (dikey aşınma) irdelenmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular aşağıda yer almaktadır:

- Küp numunelere yapılan UPV (ultra ses hızı) ölçümü tesleri sonuçları incelendiğinde lifsiz (SO) betona göre hacimce lif katkısı arttıkça ses hızının düştüğü görülmüştür. Bunun sebebi referans betonun tokluğunun daha çok olması ve lif ilavesinin beton içerisinde boşluklar oluşturarak sesin hızını düşürmesidir.

- 10cm'lik küp numunelere yapılan aşınma deneylerine göre lifsiz (S0) betona göre lifli betonlarda aşınma kayıpları artmıştır. En yüksek aşınma; hacimce %0.8 lifli betonda (S8) olup %3.15'dir. Lif oranı arttıkça beton yüzeyindeki aşınma artmıştır.
- 15cm'lik küp numunelere uygulanan beton test çekici deneylerine göre lifsiz (S0) betona göre lif ilavesi arttıkça beton test çekici dayanım değerleri düşmektedir. Bu durum siyah polipropilen liflerin sertliği ile ilgilidir. S0 yani lifsiz betonda en yüksek değer 30Mpa elde edilmiştir.
- 28günlük beton basınç dayanım değerleri kıyaslandığında ise lif ilavesi basınç dayanımını arttırmıştır. Buna göre lifsiz beton (S0)'da basınç değeri 287.46kN iken, en yüksek basınç dayanım değeri 372.8kN ile %0.2 lifli (S2) betonundan elde edilmiştir.
- Kirişlere uygulanan 3 noktalı eğilme deneyi sonuçlarına göre lif ilavesinin eğilme dayanımlarını arttırdığı belirlenmiştir. Taşıma kapasitesi en yüksek kiriş %0.2 lifli kiriş olup şahit betona göre maksimum eğilme yükü 1.78 kat fazladır. S2'den itibaren lif miktarı arttıkça kiriş eğilme kapasitesi düşmektedir. Buna rağmen S8 kodlu kirişte (%0.8 lifli), S2 (lifsiz) betona göre eğilme yükü 1.37 kat yüksektir. Bu durum liflerin eğilme kapasitesine olumlu etkisini göstermektedir.

## Kaynaklar

- [1] Akkaş A., Alpaslan L., Arabacı S., Başıyigit C., "Polipropilen Lif Katkılı Yarı Hafif Betonların Basınç Dayanımı Özellikleri", SDU International Technologic Science Vol. 2, No 1, February 2010, pp. 9-14
- [2] Koç V., Birinci F., "Lifli Betonda Boyut Etkisi Tokluk ve Kırılma Enerjisi", SDU International Technologic Science Vol. 4, No 3, December 2012, pp. 24-40
- [3] Can Ö., Durmuş G., Subaşı S., Yıldız K., Arslan M., "Lif Katkılı Betonların Aşınma Direnci Üzerindeki Etkileri", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09), 13-15 Mayıs 2009, Karabük, Türkiye
- [4] Okay F., Engin S., "Çelik Lif Katkılı Betonarme Kirişlerde Basit Burulma Etkisinde Oluşan Çatlakların ve Kesit Taşıma Gücünde Oluşan Değişimlerin İncelenmesi", Uluslararası Sakarya Deprem Sempozyumunu, 1-3 Ekim 2009,
- [5] Birincioğlu M. İ., "Çelik Lifli Betonarme Kirişlerin Kesme Mukavemeti", Y. Lisans Tezi, T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2016)
- [6] Şengün K., "CFRP ile Güçlendirilen Çelik Lifli Betonarme Kirişlerde Dayanım Artışlarının İrdelenmesi", Y. Lisans Tezi, T.C. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2016)
- [7] SakaryaCucchiara, C., Mendola, L. L. ve Papia, M., (2004). "Effectiveness of Stirrups and Steel Fibres as Shear", Cement&Concrete Composites, 26:777-786.

## Plastics as ecotoxic agents

İlker Şimşek<sup>1\*</sup> (ORCID:0000-0001-9181-9879), Özgür Kuzukıran<sup>2</sup> (ORCID: 0000-0001-9294-2801)

<sup>1</sup>Cankiri Karatekin University, Eldivan Vocational School of Health Services, Medical Services and Techniques Department, Cankiri, Turkey

<sup>2</sup> Cankiri Karatekin University, Eldivan Vocational School of Health Services, Veterinary Department, Cankiri, Turkey

\*Corresponding author e-mail:ilkers@karatekin.edu.tr

### Abstract

Plastics are cheap and easily produced organic or synthetic chemicals that are mostly produced from petrochemical products. There are various forms and types of plastics widely used in many areas and they become a part of our lives today. Polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), poly-vinyl chloride (PVC), polyamide (PA) and polyethylene terephthalate (PET) are mostly used plastics. Plastics, which started to be produced 2 million tons in 1950, reached 384 million tons by 2017. That big amount produced plastics become a problem today as waste. Some of these waste plastics are recycled, some of them are incinerated and the remaining ones are stored in landfills. Plastics are degraded by photodegradation, thermo-oxidative degradation, hydrolysis, and biodegradation by microbes in the environment. They are called macroplastic, mesoplastic, microplastic (MP) and nanoplastic (NP) according to their waste size. Plastic wastes in the environment and causes pollution and ecotoxicological problems. In aquatic environments, marine species lose their lives by entangling in meso and macroplastics such as fishing lines and nets. Plastics swallowed by some animals like waterfowls, turtles, fishes and sea birds cause physical damage, obstruction in the digestive system, and a false sense of satiety, leading to death from malnutrition. Micro and nanoplastics are taken by lobsters, mussels, oysters, scallops and fishes passes into the food chain. MPs also create large surface areas in aquatic systems that can adsorb, concentrate and transport a range of pollutants, especially persistent organic pollutants (POPs). As plastics break down, a wide variety of toxic compounds emerge, such as Bisphenol A (BPA), nonylphenol and phthalates. Exposure to these endocrine disrupting agents causes infertility and other adverse health effects. In order to reduce plastic pollution, it is necessary to reduce the production of plastics and increase recycling.

**Keywords:** Macroplastics, Microplastics, Toxicants, Plastic Pollution.

### INTRODUCTION

Plastic production is fast and costs low (Rubio et al., 2019) because of that plastic materials are widely used in many sectors such as construction, electronics, automotive, health, agriculture, packaging, paint and energy. Today a life without plastics can not be thought (Gibb, 2019). Plastic, is a polymer with complex mixtures of mainly synthetic organic compounds bonded together during polymerization, was first invented as Polystyrene by Eduard Simon in 1839 (Alimba and Faggio, 2019). The most common plastics are polyethylene (PE), polypropylene (PP), polystyrene (PS), poly-vinyl chloride (PVC), polyamide (PA) and polyethylene terephthalate (PET) (Prüst et al., 2020). Since mass plastic production started with 2 million tons in 1950, it has grown by 8.4% annually to around 348 million tons in 2017 (Gibb, 2019). It is inevitable for the plastics produced so much to enter the environment from waste water and garbage dumps (Rubio et al., 2019). They accumulate instead of decomposing in landfills or natural environment. Plastic waste has essentially three different fate. First, it can be recycled or reprocessed into a secondary material. Secondly, plastics can be thermally destroyed. Finally, plastics can be stored in a managed system such as landfills or left unprotected in open dumps or in the natural environment. The only way to permanently eliminate plastic waste is by heat treatment, such as burning or pyrolysis (Geyer et al., 2017). Under environmental conditions, plastics can be degraded by four basic mechanisms: photodegradation, thermoxidative degradation, hydrolysis, and biodegradation by microbes. On the basis of size, plastic pollution is called macroplastic, mesoplastic, microplastic (MP) and nanoplastic (NP) (Rhodes, 2018). Plastics are complex compounds that contain a variety of chemicals (plasticizers, hardeners, flame retardants, surfactants, and synthetic dyes) to give them their unique properties. Over time, these additives leak into the environment and can often act as toxic or endocrine disrupting chemicals in the environment. A wide variety of toxic compounds have been identified as plastic additives, including bisphenol a (BPA), nonylphenol, polybrominated flame retardants, and phthalates

(Hermabessiere et al., 2017). Exposure to endocrine-disrupting agents BPA and di- (2-ethylhexyl) phthalate (DEHP) has been associated with fertility, reproductive, sexual maturation disorders and other adverse health effects (Rhodes, 2018).

## PLASTICS IN AQUATIC ENVIRONMENTS

About 10% of all plastic produced annually goes into the sea. Plastics used in packaging, fishing nets and car tires which goes into the sea, are broken down by wave movements, sand, living organisms, and photodegradation (Prüst et al., 2020). A large percentage (about 80%) of plastic debris originates from land-based sources; These include rivers and wastewater treatment plants that inadvertently release microplastics (Zettler et al., 2020). They make up more than 95% of marine litter that accumulate and spread in five matrices of the marine environment; The surface of the water and water column on the coastal strips (beaches), sea sediments, sea floor and biota, with their abundance and distribution showing significant spatial variation (Alimba and Faggio, 2019). The most commonly reported types of MP in field and laboratory studies include PE (23%) and PS (22%) followed by PP (12%). Fish were the most studied group of organisms (44%), followed by crustaceans (21% for large and small crustaceans), mollusks (14%) and ringworms (6%). There are relatively few studies on other groups of organisms. (De Sa et al., 2018).Plastics that break down by these environmental conditions are named according to their size as microplastics (<5,000 µm) (MPs) and nanoplastics (<100 nm) (NPs) (Rubio et al., 2019). Microplastics can be classified as primary or secondary, depending on their manufacture. Primary MPs are small plastic particles that are emitted directly into the environment. For example household and industrial waste, spills or indirect sewage discharge. Primary MP particle types include particles, fibers, pellets, film, and spheres. Spheres are often associated with the pharmaceutical and cosmetic industries. Secondary MPs are formed, for example, as a result of the gradual degradation / breakdown of larger plastic particles already present in the environment. UV radiation (photo-oxidation), mechanical transformation (eg erosion of waves) and biological degradation by microorganisms (De Sa et al., 2018).This fragmentation contributes to the ever-increasing amount of so-called secondary microplastics (Prüst et al., 2020). These chemically inert MPs / NPs pose significant ecological and health problems due to their persistence in the environment, their potential ecotoxicity, and their ability to act as vectors and pathogens for chemical pollutants. MPs / NPs have ecotoxicological effects on marine phyto / zooplankton, invertebrates and plants (Yong et al., 2020).

Current research shows high concentrations of plastic (40-250 MP / L melted ice) stored in Arctic sea ice. The release of plastic from sea ice makes a significant contribution to the amount of plastic in the sea. As an example, it is estimated that sea ice melting between 2011 and 2016 released  $7.2\text{--}8.7 \times 10^{20}$  MP in the 0.011-5 mm size range (Windsor et al., 2019).Plastic debris provides a durable substrate that can be colonized by microorganisms and be transported over long distances and supports the growth of microbial biofilms, including potential pathogens and harmful algal blooms. While carbon is not a limiting nutrient in the ocean, nitrogen, iron, and phosphorus are present, and plastic debris offers a surface where limiting nutrients are more available in these nutrient-depleted ocean deserts. Moreover, microorganisms have the ability to biologically transform plastic debris into compounds that may pose a risk to human health and food safety (Zettler et al., 2020). Due to favorable conditions in micro (nano) plastics that can act as vectors for certain bacterial communities, a large number of foreign species, especially toxic and pathogenic bacteria, can invade new habitats and multiply rapidly in a short time. Secondly, micro (nano) plastics can increase gene exchange between biofilm communities or between biofilms and surrounding communities. Gene exchange between communities of microorganisms can occur through horizontal gene transfer in the environment. In particular, pathogenic and antibiotic resistant bacteria contain abundant pathogenic and antibiotic resistance genes, and these can be transmitted by multiple pathways between communities on biofilms (Shen et al., 2019).Persistent organic pollutants absorbed into microplastics can accumulate in concentrations several times higher than in ambient seawater. An increasing concern with microplastics is that they can enter the human food chain through ingestion of fish, shellfish, and filter feeders, causing potential human health effects (Xanthos and Walker, 2017).

As common contaminants in the environment, microplastics raise concerns about their ingestion by a wide variety of aquatic organisms and eventually accumulate through the food chain. It has been reviewed that microplastics are capable of being absorbed by many organisms such as lobsters, mussels, oysters, scallops and fish. Most of these have focused on the gastrointestinal toxicity of microplastics (Chang et al., 2019).



Waterfowl are also affected by plastic pollution. They take plastic into their bodies by perceiving it as prey and swallowing plastic or eating creatures that swallowed plastic. The presence of plastic in the digestive system can cause a false feeling of satiety, malnutrition, hunger, and death by causing physical damage and obstruction (Rhodes, 2018). The first studies of the potential ecotoxicological effect of MPs on aquatic organisms were carried out by Browne et al. (2008) in the second half of the 2000s. Conducted a laboratory study in which they observed the translocation of MP particles from the intestine into the circulatory system of *Mytilus edulis* (De Sa et al., 2018).

Provencher et al. (2014) studied the plastic accumulation at 13 seabirds by necropsy and vomiting in the North Atlantic (Georgia, USA to Nunavut, Canada, and east to southwest Greenland and the Norwegian Sea). They observed the highest prevalence of plastic swallowing in the great shearwater (*Puffinus gravis*; 71%) and northern fulmars (*Fulmarus glacialis*; 51%). Also, large minute handles had the most plastic parts in their stomachs, some individuals contained as many as 36 pieces.

Miranda and De Carvalho-Souza (2016) conducted that King mackerel (*Scomberomorus cavalla* (% 62,5)) and Brazilian pointed shark (*Rhizoprionodon lalandii* (% 33)), two important edible fish species caught with a very high microplastic incidence on the eastern coast of Brazil. Because of it people might be consuming fish that swallowed plastic as a transfer of these plastics through the food chain.

Espinosa et al. (2018) reported that the constant exposure of fish to PVC or PE can destroy the fish's immune system due to oxidative stress in fish leukocytes.

Rainieri et al. (2018) exposed zebrafish and baits supplemented with microplastics impregnated with PCBs, perfluorinated compounds and methyl mercury mixtures for 21 days. They observed that microplastics and absorbed contaminants altered homeostasis in the liver, brain, gut, and muscle significantly more than microplastics or pollutants alone.

Tang et al. (2018) reported that exposure to microplastics activates the stress response (oxidative stress) in *P. damicornis*, detoxification via c-Jun N-terminal kinases (JNK) and extracellular signal-regulated kinase (ERK) signaling pathways and It has shown that it suppresses the immune system.

## PLASTICS IN TERRESTRIAL ENVIRONMENTS

Decades ago, the intake of micro and nanoplastics (0.3  $\mu\text{m}$ ) and subsequent translocation into the liver, spleen and lymphatic systems of rodents was reported decades ago, albeit at low levels (Prüst et al., 2020).

Huerta Lwanga et al. (2017) reported that chickens fed non-microplastic products had microplastic particles in their gizzards and feces. They explained this with two assumptions. They reported that macroplastics break down into microplastics as they pass through the digestive system of chickens or may be caused by chickens consuming worms containing microplastics.

Panbianco et al. (2019) found that more than 50% of 425 snail samples had microplastics, and snails with microplastics had an average of  $0.92 \pm 1.21$  microplastic particles.

## CONCLUSION

Plastics that have made our lives easier since the first year they are produced cause plastic pollution due to their excessive production and accumulation in waste water and landfills. It passes from waste water and landfills to terrestrial and aquatic ecosystems. In addition to macro and micro plastic pollution, various plastic additives used in the past such as Bisphenol a (BPA), nonylphenol and phthalates cause toxicity. In order to reduce plastic pollution, which has become an environmental problem today, we must reduce plastic production and increase recycling.

## REFERENCES

- Alimba GA, Faggio C 2019. Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 68:61–74.
- Chang X, Xue Y, Li J, Zou L, Tang M 2019. Potential health impact of environmental micro- and nanoplastics pollution. *J Appl Toxicol*, 1–12.
- De Sa LC, Oliveria M, Riberio F, Rocha TL, Futter MN 2018. Studies of the effects of microplastics on aquatic organisms: What do we know and where should we focus our efforts in the future?. *Science of the Total Environment*, 645:1029–1039.
- Espinosa C, Beltran JMG, Esteban MA, Cuesta A 2018. In vitro effects of virgin microplastics on fish head-kidney leucocyte activities. *Environmental Pollution*, 235:30–38.
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, DOI: 10.1126/sciadv.1700782
- Gibb BC 2019. Plastics are forever. *Nature Chemistry*, 11:394–395.
- Hermabessiere L, Dehaut L, Paul-Pont I, Lacroix C, Jezequel R, Soudant P, Duflos G 2017. Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: a review. *Chemosphere*, 182:781–793.
- Huerta Lwanga E, Vega JM, Quej VK, Chi JDLA, Cid LSD, Chi C, Segura GE, Gertsen H, Salánki T, Van der Ploeg M, Koelmans AA, Geissen, V 2017. Field evidence for transfer of plastic debris along a terrestrial food chain. *Sci. Rep.*, 7:1–7.
- Miranda DA, de Carvalho-Souza GF 2016. Are we eating plastic-ingesting fish?. *Mar. Pollut. Bull*, 103:109–114.
- Panebianco A, Nalbone L, Giarratana F, Ziino G 2019. First discoveries of microplastics in terrestrial snails. *Food Control*, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106722>
- Provencher JF, Bond AL, Hedd A, Montevecchi WA, Muzaffar SB, Courchesne SJ, Gilchrist HG, Jamieson SE, Merkel FR, Falk K, Durinck J, Mallory ML 2014. Prevalence of marine debris in marine birds from the North Atlantic. *Mar. Pollut. Bull*, 84:411–417.
- Prüst M, Meijer J, Westerink RHS 2020. The plastic brain: neurotoxicity of micro and nanoplastics. *Particle and Fibre Toxicology*, 17:24.
- Rainieri S, Conlledo N, Larsen BK, Granby K, Barranco A 2018. Combined effects of microplastics and chemical contaminants on the organ toxicity of zebrafish (*Danio rerio*). *Environ. Res*, 162:135–143.
- Rhodes CJ 2018. Plastic pollution and potential solutions. *Science Progress*, 101(3): 207–260.
- Rubio L, Marcos R, Hernandez A 2019. Potential adverse health effects of ingested micro- and nanoplastics on humans. Lessons learned from in vivo and in vitro mammalian models. *Journal Of Toxicology And Environmental Health*, <https://doi.org/10.1080/10937404.2019.1700598>
- Shen M, Zhu Y, Zhang Y, Zeng G, Wen X, Yi H, Ye S, Ren X, Song B 2019. Micro(nano)plastics: Unignorable vectors for organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 139: 328–331.
- Tang J, Ni X, Zhou Z, Wang L, Lin S 2018. Acute microplastic exposure raises stress response and suppresses detoxification and immune capacities in the scleractinian coral, *Pocillopora damicornis*. *Environ. Pollut*, 243:66–74.
- Windsor FM, Durance I, Horton AA, Thompson FC, Tyler CR, Ormerod SJ 2019. A catchment-scale perspective of plastic pollution. *Glob Change Biol.*, 25:1207–1221.
- Xanthos D, Walker TR 2017. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine Pollution Bulletin*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.048>
- Yong CQY, Valiyaveetill S, Tang BL 2020. Toxicity of Microplastics and Nanoplastics in Mammalian Systems. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, doi:10.3390/ijerph17051509
- Zettler LAA, Zettler ER, Mincer TJ 2020. Ecology of the plastisphere. *Nature Reviews*, <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0>

## Akçakoca denizel alanı taş dolgu dalgakıran tasarımı belirgin dalga yüksekliği elde etme yöntemleri

Esra Şirin<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6308-9709>), Can Elmar Balas<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5994-0561>) ve Ali İhsan MARTI<sup>3</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3440-6052>)

<sup>1</sup> Milli Savunma Bakanlığı, Lojistik Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye

<sup>3</sup> Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail: [esra.sirin@msb.gov.tr](mailto:esra.sirin@msb.gov.tr)

### Özet

Kıyı ve deniz yapılarının tasarımında, “Belirgin Dalga Yüksekliği” ( $H_s$ ), yapıların ekonomik ömürleri boyunca dengede kalmalarına doğrudan etkisi olan en önemli dalga parametresidir. Sadece yapı tasarımında değil, kıyı erozyonu, kirletici yayılımı vb. kıyı mühendisliği alanına giren problemlerin doğru olarak çözülmesinde de etkin role sahiptir. Belirgin dalga yüksekliğinin ( $H_s$ ) doğru bulunması, özellikle son yıllarda etkisini daha da hissettiren iklim değişikliğinin etkileri ile birlikte güçleşmiştir. Literatürde yer alan deterministik ve stokastik yöntemlerin söz konusu iklim değişikliğinin etkilerini dikkate alan modifikasyonları da yeni yeni çalışılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada, 01/01/2000 ile 14/01/2019 yılları arasında 19 yıllık ECMWF (Avrupa Orta Ölçekli Hava Tahmin Merkezi) tarafından ölçülen 6 saatlik  $H_s$  verileri kullanılarak en büyük değer istatistiğinde yıllık en büyük dalga yüksekliği verileri Gumbel ve Weibull olasılık dağılımı ile incelenmiş belirgin dalga yükseklikleri, değeri bulunmuş istatistiksel metotlarla karşılaştırılmış olup güvenilirlik açısından uygun yöntemle bulunan  $H_s$ , belirlenmiş ve tasarımda kullanılmıştır. Aynı bölge için Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası’nda, yöreye en yakın açık deniz koordinatına (41.50° K 31.10° D) ait veriler kullanılarak derin deniz dalga yüksekliği bulunmuştur. Çalışmada HYDROTAM 3D yazılımının dalga ilerlemesi (dalga transformasyonu) modülü kullanılarak hem ECMWF’ten hem de Dalga Atlasıyla bulunan derin deniz dalga yüksekliği yapı önü dalga yüksekliğine taşınmıştır. Böylece çalışma alanımızda yapı önü dalga yükseklikleri kullanılarak 3 çeşit yapay koruma tabakası malzemesi (Accropote II, Xblok, Piblok) kullanılarak dalgakıran tasarımı yapılmış olup; yapay koruma tabakaları üzerindeki önemi irdelenmiştir. Tasarımda kullanılan 3 ayrı yapay koruma tabakası birbiriyle karşılaştırılmış olup; ekonomik anlamda uygun olan yapay koruma tabakası belirlenmiştir. Ayrıca 2 yöntemle bulunan dalga yükseklikleri için ECMWF’ten indirilerek hesaplanan verilerin güncel olması, uzun zamanı kapsaması (20 yıl), sürekli güncellenen bir sistem olması nedeni ile dalgakıran tasarımında kullanılmasının daha uygun olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yapay koruma tabakalarının boyutları açısından da ECMWF’ten elde edilen belirgin dalga yüksekliği ile tasarımı yapıldığında 3 malzeme için de daha ekonomik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** İklim Değişikliği, Dalga Yüksekliği, ECMWF, Dalga Atlası, HYDROTAM 3D

### Akçakoca Sea Area Rubble Mound Breakwater Desing Methods Of Significant Wave Heights

#### Abstract

In the design of the coastal and marine structures, the "Significant Wave Height" ( $H_s$ ) is the most important wave parameter that has a direct effect on the stability of the structures throughout their economic life. Not only in building design but also in coastal erosion, pollutant spread etc. It also plays an active role in solving the problems in the field of coastal engineering correctly. The correct determination of the apparent wave height ( $H_s$ ) has become difficult with the effects of climate change, which has made its impact even more in recent years. The modifications of deterministic and stochastic methods in the literature that take into account the effects of the said climate change have just started to be studied. In this study, using the 6-hour  $H_s$  data measured by the 19-year ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) between 01/01/2000 and 14/01/2019, the annual largest wave height data in the largest value statistic was calculated with the Gumbel and Weibull probability distributions. The studied significant wave heights were compared with statistics methods, and the  $H_s$ , which was found with an appropriate method in terms of reliability, was determined and used in the design. Turkey Coast and the Deep Sea Wave Wind Atlas for the same region, the region closest to the offshore coordinates (41.50 ° N 31.10 ° E) of deep-sea wave height using data found. In the study, by using the wave propagation (wave transformation) module of the HYDROTAM 3D software, the

deep sea wave height found both from the ECMWF and the Wave Atlas has been transferred to the front of the building wave height. Thus, by using the wave heights in front of the building in our study area, the breakwater design has been made using 3 types of artificial protection layer materials (**Accropode II**, **Xbloc**, **Pibloc**); Its importance on artificial protection layers has been scrutinized. The 3 different artificial protection layers used in its design have been compared with each other; An economically viable artificial protection layer was determined. In addition, it has been concluded that the data calculated by downloading from ECMWF for wave heights found by 2 methods was up-to-date, covered a long time (20 years), and it was more appropriate to be used in breakwater design because it was a continuously updated system. In terms of the dimensions of the artificial protection layers, it has been concluded that it is more economical for all 3 materials when it is designed with the apparent wave height obtained from ECMWF.

**Keywords:** Climate change, Wave height, ECMWF, Wave Atlas, HYDROTAM 3D.

## 1.GİRİŞ

Sekiz bin km. üzerinde kıyı şeridinde sahip 3 tarafı denizlerle çevrili olan ülkemiz deniz ülkesi olarak tanımlanabilir. Artan sosyal yaşam, deniz ticaret ve ekonominin gelişmesiyle kıyı mühendisliği faaliyetleri hızla artmıştır. Özellikle kıyılarda, turizm, ticareti ve balıkçılık sektörlerinde ekonomik anlamda istikrarlı ve yeterli bir büyümeye sahip olmaları için gerekli kıyı yapılarının inşa edilmesi gerekmektedir. Bu yapılar, limanlar, kıyı koruma yapıları, kıyı yanaşma yapıları, balıkçı barınakları ve diğer yapılardır. Çalışmamızda da tasarımını yapacağımız taş dolgu dalgakıranlar, malzemeleri açısından ekonomik olmaları sebebiyle tercih edilen kıyı koruma yapılarıdır. Bütün kıyı tasarım yapılarının tasarımında en önemli parametrelerden biri olan taş dolgu dalgakıran tasarımında ise en önemli parametre olan Belirgin Dalga Yüksekliği " $H_s$ "'nin belirlenmesi tasarımında en önemli aşamadır. Kıyı ve deniz yapılarının tasarımında, " $H_s$ ", yapıların ekonomik ömürleri boyunca dengede kalmalarına doğrudan etkisi olan en önemli dalga parametresidir. Sadece yapı tasarımında değil, kıyı erozyonu, kirlenici yayılımı vb. kıyı mühendisliği alanına giren problemlerin doğru olarak çözülmesinde de etkin role sahiptir.  $H_s$  ve diğer dalga parametrelerinin oşinografik cihazlar ile doğrudan sahada ölçülmesi zaman ve maliyet açısından ölçüm yapanlara külfet getirmektedir.

Bu çalışmada, taş dolgu tasarımı için Belirgin Dalga Yüksekliği tespitinde kullanılmak üzere; 01/01/2000 ile 14/01/2019 yılları arası için 19 yıllık ECMWF tarafından ölçülen 6 saatlik  $H_s$  verileri ve Türkiye Kıyıları için Rüzgâr ve Derin Su Dalgası Atlası kullanılmıştır. Bulunan veriler birbirleriyle karşılaştırılmış olup, ECMWF'ten elde edilen veriler; taş dolgu dalgakıran tasarımında kullanılmasının daha uygun olduğu tespit edilmiştir. Taş dolgu dalgakıran tasarımı üç ayrı koruma tabakasıyla yapılmış, seçim kriteri anlatılarak uygun koruma tabakası belirlenmiştir.

## 2. MATERYAL METOD

Bu çalışmada,  $41^{\circ} 50' 00''$  E enlemi ve  $31^{\circ} 10' 00''$  N boylamı koordinatlarındaki 19 yıllık ECMWF verileri kullanılmıştır.



**Şekil 1.** Çalışma sahası genel coğrafi konumu (Google Earth, 2019)



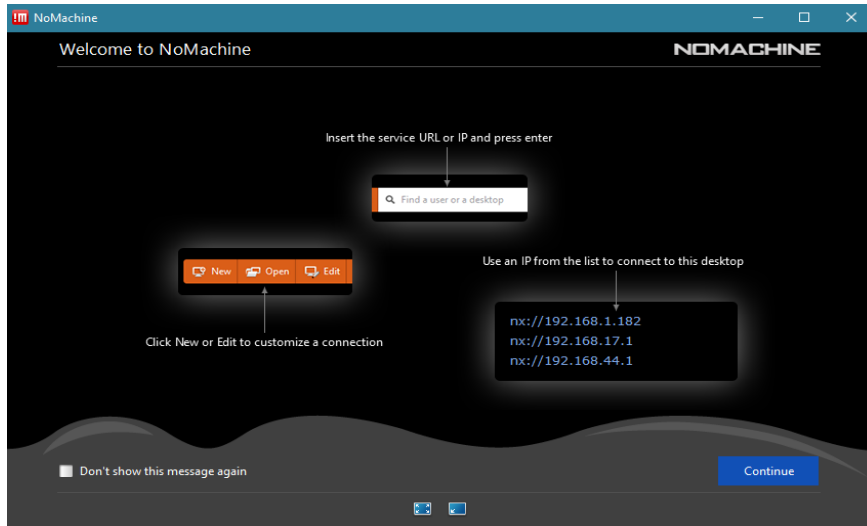
Şekil 2. Çalışma sahasının uydu görüntüsü (Google Earth, 2019)

## 2.1. Belirgin Dalga Yüksekliği Elde Etme Yöntemleri

### 2.1.1. ECMWF ( Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi ) Veri İşlemleri

Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi (ECMWF) 34 ülke tarafından 1975 yılında kurulmuş bağımsız bir kuruluştur. Merkezi ise İngiltere Shinfield Park'ta bulunan ECMWF, hem araştırma enstitüsü hem de 7/24 operasyonel olarak faaliyet gösteren bir kuruluştur. ECMWF üye ülkelere hem hava tahminleri vb. gibi verileri hem de bu çalışma için kullandığımız dalga yüksekliği, periyodu ve yönü gibi istatistik verileri temin etmektedir. Böylece bu ürünler üye ülkelerdeki ulusal meteoroloji teşkilatları tarafından ulusal ve uluslararası tahmin çalışmalarında kullanılmaktadır.

Dalga Yüksekliğini ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi)'den elde etmek için <https://www.nomachine.com/> adlı siteden "Nomachine" programı kurulmuştur. Böylece ECMWF'ten veri indirme işlemleri bu program yardımıyla yapılmıştır.



Şekil.3.Nomachine Programı Giriş Görüntüsü

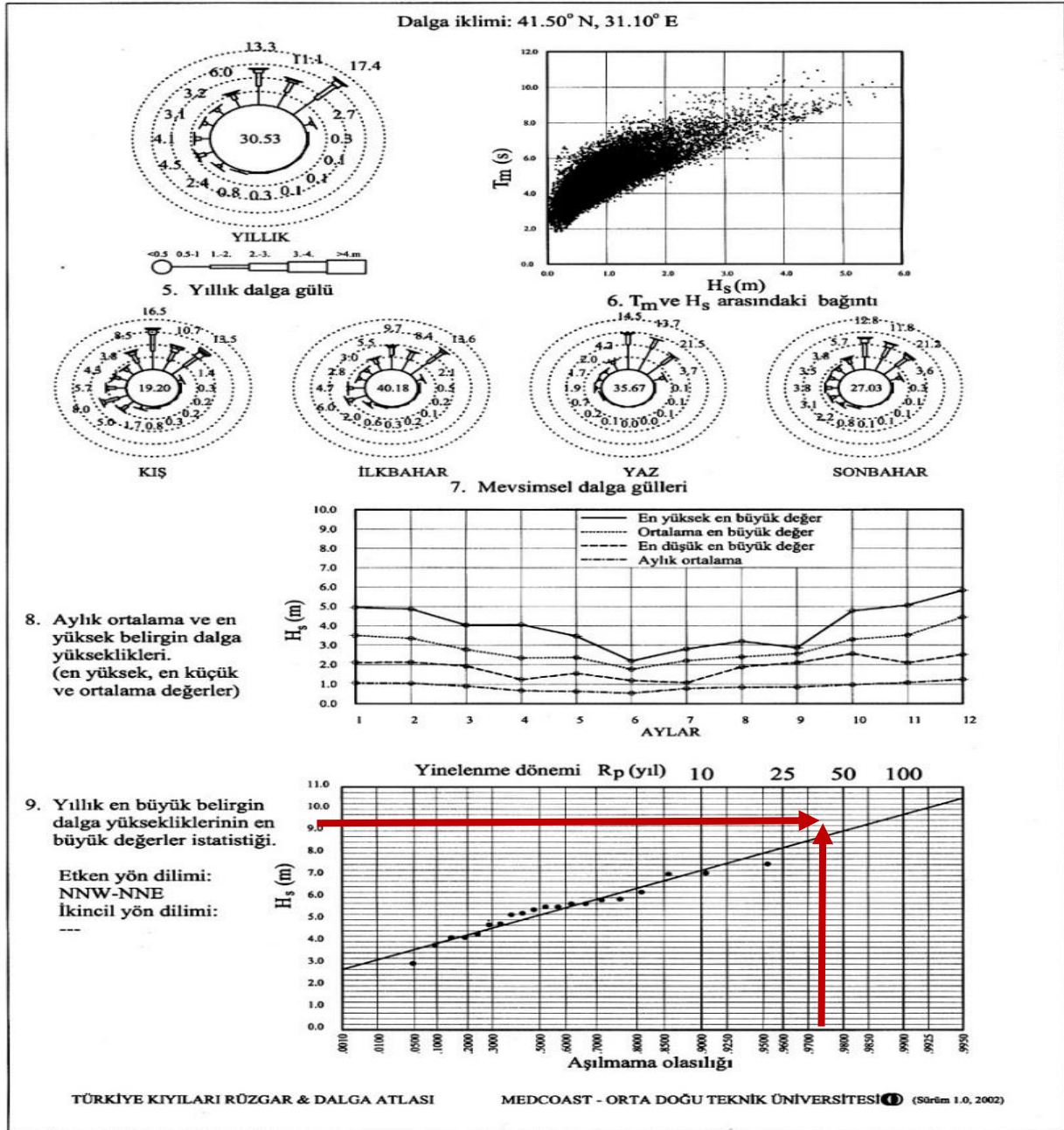
Nomachine programı kurulum adımları takip edilmiştir. Böylece bu çalışma ile ECMWF istasyonundan 01/01/2000 - 14/01/2019 tarihleri arasında 6'şar saatlik periyotlarla ölçülmüş 19 yıllık toplam 27819 adet dalga yüksekliği verisi Nomachine programı yardımıyla indirilmiştir.

### 2.1.2. Türkiye Kıyıları için Rüzgar ve Derin Su Dalgası Atlası ile Dalga Yüksekliğinin Bulunması

Türkiye kıyılarında, tasarım rüzgâr ve dalga değerlerini bulmak için Erdal Özhan ve Saleh Abdalla tarafından Haziran 2002 yılında Nato Tu Waves projesi kapsamında hazırlanan Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası kullanılmıştır[2]. Atlasta yıllık en büyük rüzgâr hızı ve belirgin dalga yüksekliklerinin en büyük değerler istatistiği de verilerek tasarım dalgasının seçilmesinde önemli bir kaynak sağlanmaktadır. Ancak Atlas'ta Karadeniz kıyıları için 20, Ege ve Akdeniz kıyıları için 17 yıllık veriler kullanılmıştır.[2]

Çalışma alanımız olan Akçakoca Denizel Alanına tasarlayacağımız Taş Dolgu Dalga Yüksekliği koordinatlarına en yakın koordinat 'Türkiye Kıyıları Rüzgar ve Derin Deniz Dalga Atlası'nda bulunmuştur. Buna göre yöreye en yakın açık deniz koordinatına (41.50° K 31.10° D) ait veriler Şekil 4'de sunulmaktadır

ve tabloları kullanarak yapı tasarımlarında dikkate alınabilecek  $R_p=50$  yıl yineleme dönelmi derin deniz belirgin dalga yüksekliği  $H_s=9$  m  $T_m=12.7$  s, etken yön KKB-KKD olarak belirlenmiştir.



şekil 4. Dalga İklimi (41.50° N 31.10° E), (Özhan ve Abdalla, 2002)

### 3. Derin Deniz Dalga Yüksekliği Verileri Elde Etme Yöntemi

#### 3.1. Veri Setinin İşlenerek Derin Deniz Dalga Yüksekliğinin Bulunması

Çalışmada, ECMWF istasyonunun 01/01/2000 - 14/01/2019 tarihleri arasında ölçmüş olduğu 19 yıllık toplam 27819 adet belirgin dalga yüksekliği verisi kullanılmıştır. **19 Yıllık 27819 adet belirgin dalga yüksekliği verileri derin deniz dalga yüksekliği bulmak üzere Kıyı Yapıları Planlama Tasarım Esasları/2016 [3]'a göre "Ekstrem (En Büyük Değer) Olasılık Dağılım Fonksiyonları" na göre hesaplanmıştır.** Bunun için ECMWF'ten elde edilen bütün veriler her yıla göre yıllık maksimum dalga yüksekliği değerleri elde edilmiştir.

19 yıllık verilerle elde edilen her yıla ait en yüksek maksimum dalga yüksekliği değerleri kullanılarak Tablo.1'de verdiğimiz Ekstrem Dağılım Fonksiyonlarıyla derin deniz belirgin dalga yüksekliği ile hesaplar yapılmıştır.

**Tablo.1.**Ekstrem (En Büyük Değer) Olasılık Dağılım Fonksiyonları

Dağılım Fonksiyonu	Matematiksel İfade	Parametreler
Fisher-Tippet I (Tip 1) veya Gumbel	$P(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)}}$	$\beta, \gamma$
Fisher Tippet II (Tip 2)	$P(x) = e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^{-\alpha}}$	$\beta, \alpha$
Weibull	$P(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-\gamma}{\beta}\right)^\alpha}$	$\beta, \gamma, \alpha$
Log-normal	$p(x) = \frac{1}{\beta x \sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{\ln x - \gamma}{\beta}\right)^2}$	$\beta, \gamma$

Kıyı Yapıları Planlama Tasarım Esasları/2016'na ve Tablo.1'e göre yapılan yöntemler birbirleriyle korelasyon katsayısının artığı (REC kriteri), artık korelasyon katsayısının minimum oranı (MIR) ve sapma kriteri (DOL kriteri) ile karşılaştırılmıştır.

Yapılan istatistiki karşılaştırma sonucunda Gumbel 1 yöntemi istatistiki olarak güvenilirlik açısından seçilmiştir. Aşağıdaki grafikte Gumbel yöntemiyle bulunan Derin Deniz Belirgin Dalga Yükseklikleri verilmiştir:

**Tablo 2:** Gumbel dağılım fonksiyonu hesabı

m	YEAR	Hmax (m)	Old Gumbel		New Gumbel	
			Prob	y	Prob	y
1		5,31	0,95	2,970195	0,970711	3,515727
2		5,28	0,9	2,250367	0,91841	2,463795
3		5,13	0,85	1,816961	0,866109	1,939716
4		4,9	0,8	1,49994	0,813808	1,579727
5		3,92	0,75	1,245899	0,761506	1,300275
6		3,89	0,7	1,03093	0,709205	1,068246
7		3,74	0,65	0,842151	0,656904	0,866982
8		3,69	0,6	0,671727	0,604603	0,686799
9		3,49	0,55	0,514437	0,552301	0,521446
10		3,48	0,5	0,366513	0,5	0,366513
11		3,46	0,45	0,225011	0,447699	0,21861
12		3,44	0,4	0,087422	0,395397	0,07487
13		3,36	0,35	-0,04862	0,343096	-0,06742
14		3,18	0,3	-0,18563	0,290795	-0,21118
15		3,14	0,25	-0,32663	0,238494	-0,36006
16		2,99	0,2	-0,47588	0,186192	-0,51937
17		2,68	0,15	-0,64034	0,133891	-0,6985
18		2,57	0,1	-0,83403	0,08159	-0,91871
19		2,03	0,05	-1,09719	0,029289	-1,26145
19			alpha	0	alpha	0,44
			beta	1	beta	0,12

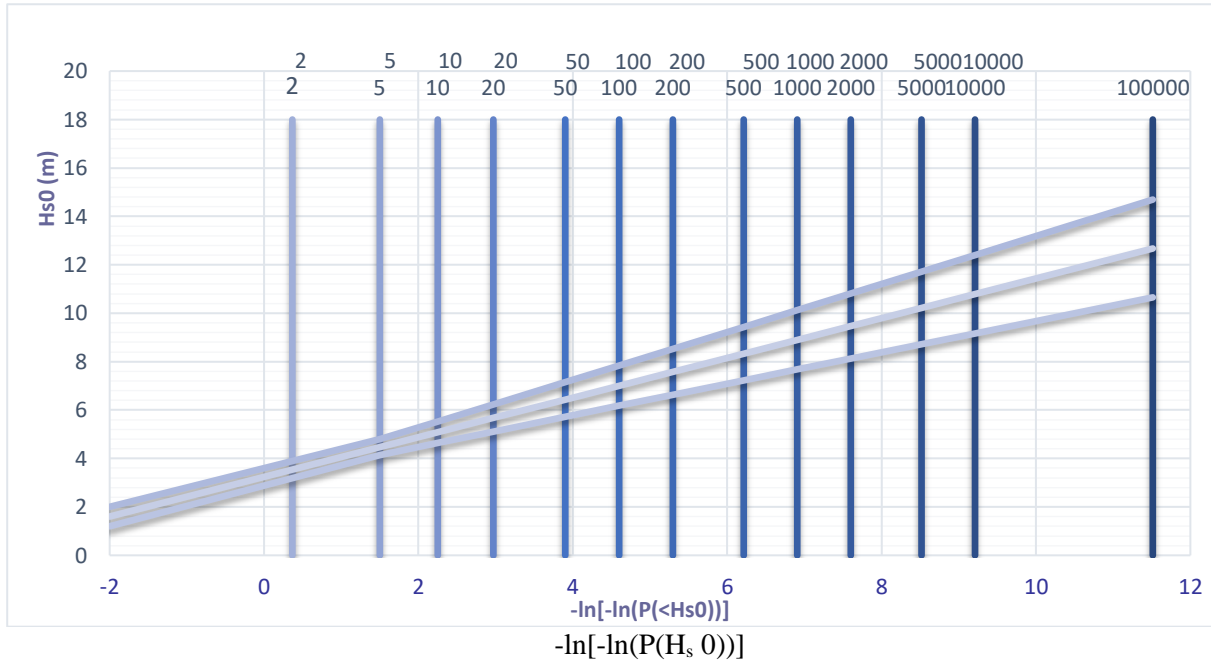
**Tablo.3.** Gumbel Fonksiyonuna göre 50 yıllık periyoda göre Derin Deniz Belirgin Dalga Yüksekliği

Return Period (years)	Hs (m)	P	y	a	$\sigma(z)$	$\sigma(x)$	Conf. Interval	
							U90	L90
1,000618	1,60	0,000618	-2,00008	0,778439	0,465324	0,243983	2,002356	1,199652
5	4,47	0,8	1,49994	0,778439	0,380536	0,199526	4,797111	4,14067
10	5,08	0,9	2,250367	0,778439	0,510012	0,267414	5,52368	4,643888
20	5,67	0,95	2,970195	0,778439	0,643487	0,337399	6,228626	5,118584
50	6,44	0,98	3,901939	0,778439	0,822443	0,431231	7,146442	5,727693
100	7,01	0,99	4,600149	0,778439	0,95897	0,502816	7,836308	6,182044
200	7,58	0,995	5,295812	0,778439	1,096209	0,574774	8,5247	6,633692
500	8,33	0,998	6,213607	0,778439	1,278459	0,670333	9,433928	7,228532
1000	8,90	0,999	6,907255	0,778439	1,416806	0,742873	10,12162	7,677573
2000	9,47	0,9995	7,600652	0,778439	1,555472	0,815579	10,80939	8,126135
5000	10,22	0,9998	8,517093	0,778439	1,739157	0,91189	11,71875	8,718627
10000	10,79	0,9999	9,21029	0,778439	1,878333	0,984865	12,40679	9,166585
100000	12,67	0,99999	11,51292	0,778439	2,341615	1,227777	14,69314	10,65375

Goda, p407

Elde edilen dalga verilerine bağlı olarak çizilen Grafik.1., verilere bağlanan doğrunun güvenlik aralığı (confidence interval) % 90 hassasiyet ile belirlenmiştir. Buna göre Gumbel dağılım fonksiyonu ile hesaplanan derin deniz dalga yüksekliği değeri (DOL,REC,MIR) istatistiki yöntemlerle hesaplanmış ve güvenilirlik açısından seçilmiştir. Tablo.3'e göre hesaplanan 50 yıllık tekrar için derin deniz dalga yüksekliği Hs=6.44m bulunmuştur.

Return Period (years)



Grafik.1. Gumbel Grafiği

İki Yöntemle belirlenen derin deniz dalga yüksekliği HYROTAM 3D transformasyon modülüyle yapı önüne taşınmıştır.

HYDROTAM-3D, 1990 yılından bugüne dek sürekli olarak kalibre edilerek (saha çalışmaları ile doğrulanarak) geliştirilmiş sayısal model çalışmasının; güncel IT standartları ve teknolojilerini kullanarak modernize edilmesini, güncel gereksinimleri içerecek ek modüllerin oluşturulmasını, ilişkisel veri tabanı, Coğrafi Bilgi Sistem entegrasyonunu, üç boyutlu, görsel "Karar Destek" sisteminin oluşturulmasını içermekte olup web arayüzü sayesinde yaygın kullanım imkânına sahiptir.[4]



### 3. YÖNTEM

Çalışmada, ECMWF istasyonundan elde edilmiş olan bu veriler istatistiki yöntemlerle (Gumble, Weibull) yıllık maksimum değere göre işlenerek derin deniz dalga yüksekliği bulunmuştur.. Dalgaların elde edilmesinde kullanılan yöntemler (Gumble ve Weibull) DOL, REC, MIR yöntemleri ile karşılaştırılmış ve bunlardan Gumble yöntemi güvenilirlik açısından seçilmiştir. Bu yöntemle bulunan Derin Deniz Belirgin Dalga Yüksekliği  $H_s=6.44$  m. bulunmuştur. Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası ile ise Derin Deniz Dalga Yüksekliği  $H_s=9$  m bulunmuştur.

İki yöntemle bulunan Derin Deniz Dalga Yüksekliği  $H_s=6.44$  m. bulunan ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi) dalga yüksekliği ile tasarıma devam edilmiştir.

Derin deniz koşullarında elde edilmiş olan dalga değeri HYDROTAM 3D yazılımı kullanılarak yapı önu derinliğine transforme edilmiştir. Bunun sonucu olarak  $H_s=5.7$  m. bulunmuştur. Bulunan  $H_s$  verisiyle dalgakıran tasarımına geçilmiştir.

### 4.BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Dalgakıranlar;

Gemilerin emniyetli olarak barınmaları, liman faaliyetleri emniyetle sürdürmeleri, limanların kumlanmaya karşı korunmaları ve kıyıların erozyona karşı koymaları gibi amaçlarla inşa edilirler.

#### Dalgakıran çeşitleri

Günümüzde genel olarak üç tip dalgakıran inşa edilmektedir.

- Taş dolgu dalgakıranlar
- Düşey yüzlü dalgakıranlar
- Yüzen dalgakıranlar

Taş dolgu dalgakıranlar, dalgaları kırarak ve yansıtarak dalgakıran arkasındaki su haznesini dalgalara karşı koruyan, taş veya beton blokların yığılmasıyla inşa edilen yapılardır. Hemen hemen bütün taş dolgu dalgakıranlar tabakalı olarak inşa edilirler.

Koruma tabakası deniz yapılarını (liman, rıhtım vb.) dalgalardan koruyan doğal (taş) veya yapay (beton) bloklardır. Liman içinde bağlama yapan deniz taşıtlarının emniyeti için hayati derecede önemlidir.

Koruma tabakası türleri iki çeşit olarak kullanılmaktadır. Bunlar doğal (taş) koruma tabakaları ve yapay koruma tabakasıdır. Doğal olan koruma tabakası, deniz yapılarının inşasında kullanılan en eski koruma tabakasıdır. Doğada kolay bulunması, düşük maliyetli olması gibi nedenlerle tercih edilmektedir. Ancak tasarım dalgasının 4 m'den büyük olduğu durumlarda taş kullanımı olanaklı değildir. Bu durumda yapay koruma tabakaları kullanılır.

Yapay koruma tabakaları ise tek kat (**Accropode**, **Coreloc**, **Xbloc** vb) ve çift kat (antifer, tetrapod vb.) koruma tabakaları olmak üzere ikiye ayrılır. Çift kat koruma tabakaları modifiye küp ve antifer küp gibi düzensiz yerleştirilen hacimli elemanlardır. Stabiliteyi büyük çoğunlukla kendi ağırlıklarından alan yapay koruma tabakası türüdür. Tek kat koruma tabakası, monolitik olması, kilitlenme kapasitesinin üst düzey olması, ekonomik olması (betonda % 50 tasarruf) nedeni ile kaynakların verimli kullanılması amacı ile tercih edilmektedir. Tek sıra koruma tabakaları diğer koruma tabakalarına oranla daha yeni bir yapı elemanı olması nedeni ile geliştirici firmalar tarafından patent koruması altındadır. Ülkemizde Rize-Artvin Havalimanı, Filyos Limanı, İstanbul Havalimanı akaryakıt ikmal limanı gibi büyük projelerde yurtdışı patentli tek sıra koruma tabakaları kullanılmaktadır.

Bu çalışmamızda kullanılacak olan yapay koruma tabaka malzemeleri ise:

- **ACCROPODE II**
- **XBLOC**
- **PİBLOC'TUR.**

3 koruma tabakasıyla tasarımı yapılan taş dolgu dalgakıranın karşılaştırılması aşağıda verilmiştir:

**Tablo.4.** 3 Ayır Koruma Tabakası Malzemesi Karşılaştırılması

TEK SIRA KORUMA TABAKASI İSİMLERİ	DİZAYN DALGASI BOYU (M)	KORUMA TABAKASI MALZEMESİNİN M <sup>3</sup>	KALIP MİKTARI * M <sup>3</sup>	ANROŞMAN EĞİMİ
ACCROPODE II	5.70	4	12	4/3
XBLOC	5.70	4	12	4/3
PİBLOC	5.70	2.5	7.5	4/3

## 5.SONUÇ

Türkiye Kıyıları için Rüzgâr ve Derin Su Dalgası Atlası ve ECMWF (European Centre for Medium Range Weather Forecast) (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi) iki ayrı kaynaktan elde edilen verilerin sonuçlarından da görülebileceği gibi önemli fark vardır. ECMWF'ten elde edilen veriler sonucu derin deniz dalga yüksekliği  $H_s=6.44$ , Türkiye Kıyıları için Rüzgâr ve Derin Su Dalgası Atlasında ise  $H_s=9$  m'dir. Bu sebepten ECMWF'ten alınan verilerin güncel olması, uzun zamanı kapsaması (20 Yıl), Sürekli Güncellenen Bir Sistem Olması Nedeni ile ECMWF'ten alınan sonuçlar kullanılmıştır. Derin deniz dalga atlası kalibrasyonu en son atlasın yayın tarihi olan 2002 yılında yapılmıştır. Günümüze kadar geçen süre içerisinde gerek küresel ısınma gerekse buna bağlı nedenlerle (örnek olarak iklim değişikliği) dalga yükseklikleri çok daha farklı yükseklikte oluşmasından dolayı yakın sonuçlar vermemektedir. ECMWF (Avrupa Orta Vadeli Hava Tahmin Merkezi)'den indirilen verilerin kalibrasyonu ise günümüzde hala devam etmektedir. Bu nedenle elde edilen dalga yükseklikleri daha güvenilir olmasından dolayı çalışmamızda ECMWF'ten elde edilen veriler kullanılmıştır.

$H_s$  yüksekliğinin yapı önündeki değerini bulmak için HYDROTAM 3D programı kullanılmıştır. Ve  $H_s$  yüksekliği 5,70 m. bulunur.

Sonuç olarak, üç tarafı denizlerle çevrili 8000 km. üstünde kıyı şeridine sahip olan Ülkemizde özellikle kıyı yapılarının korunmasında büyük öneme sahip kıyı yapısı taş dolgu dalgakıranlardır. Taş dolgu dalgakıranlar da doğal koruma tabakası ve yapay koruma tabakası kullanılabilir. Ancak, doğal taş koruma tabakası yüksek dalga değerlerinde  $H_s > 4$ m stabilitesi açısından mümkün olamamaktadır. Yapay koruma tabakalarından çift kat koruma tabakaları ise, yerleştirme esnasında yüksek özen gerektirmekte olup ayrıca yüksek miktarda beton kullanımına yol açmaktadırlar. Bunların dışında Accropode veya Xbloc gibi tek kat koruma tabakalarında ise Ülkemiz yurtdışına yüksek miktarda patent ücreti ödemek durumunda kalmaktadır. Taş dolgu dalgakıran tasarımında üç ayrı yapay koruma tabakasının karşılaştırılması sonucu olarak Pibloc yapay koruma tabakasının diğer malzemelere teknik olarak rekabet edebileceği ve kullanılan tabaka boyutunun küçük olması sebebi ile kullanılacak kalıp miktarı da azalacağı bu çalışma ile tespit edilmiştir. En son olarak Pibloc yerli ürün olduğu için Accropode II ve Xbloc için ödenen patent ücretleri ödenmeyecektir. Görüldüğü üzere Pibloc ülke ekonomisine en yüksek katkıyı verecek koruma tabakası olarak öne çıkmaktadır. Diğer koruma tabakalarına oranla daha ekonomik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

## Kaynaklar

- [1] Google maps, Akçakoca denizel yöresi, <http://maps.google.com/>, 2019.
- [2] Özhan, E., Abdalla, S. 2002. "Türkiye Kıyıları Rüzgâr ve Derin Deniz Dalga Atlası", Kıyı Alanları Yönetimi TMK/MEDCOAST, ODTÜ, Ankara, 445 sayfa.
- [3] Kıyı Yapıları Planlama Ve Tasarım Teknik Esasları/2016
- [4] Hydrotam Üç Boyutlu (3D) Sayısal Hidrodinamik ve Taşınım Modeli, DENAM

## Karadeniz Bölgesi yağış verilerinin parametrik olmayan trend analizi

Göknur Elif Yarbaşı<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7323-8912>), Ali İhsan Marti<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3440-6052>)

<sup>1\*</sup> Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, geyarbasi@ktun.edu.tr

<sup>2</sup> Konya Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, aimarti@ktun.edu.tr

### Özet

Yağış, iklim elemanları içerisinde en fazla değişkenlik gösteren parametrelerden biridir. Küresel ısınmanın etkisiyle Türkiye'nin yağış ortalaması giderek azalmaktadır. Ayrıca, kuraklığa sebep olan etmenlerin devam etmesiyle gelecekte su ve su kaynakları ile ilgili ciddi sıkıntılar meydana gelecektir. Su kaynaklarının etkin bir şekilde planlanması ve yönetimi için yağışın doğru bir şekilde tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda Karadeniz Bölgesine ait yağış verileri iki aşamada incelenmiştir. İlk aşamada Mann-Kendall, Modifiye Mann-Kendall, Spearman Rho, Sen'in t testleri ile her istasyona ait yağış serilerinin aylık değişimi incelenmiştir. İkinci aşamada ise her istasyona ait yağış serilerinin yıllık değişimi 0.05 anlamlılık düzeyi için araştırılmış ve anlamlı olan trendlerin başlangıç yılları saptanmıştır. Sonuç olarak aylık bazda 204 ay için %65 oranında artan eğilim olduğu ve ele alınan istasyonlarda 0.05 anlamlılık düzeyi için %7 oranında anlamlı trend olduğu belirlenmiştir. Yıllık bazda incelendiği zaman ise 10 istasyonda uygulanan tüm analizler için anlamlı bir trendin olmadığı, Kastamonu, Amasya, Çorum illerinde anlamlı düzeyde artma trendi, Ordu istasyonunda ise anlamlı düzeyde azalma trendi belirlenmiştir. Geriye kalan 3 istasyonda (Artvin, Bolu ve Sinop) uygulanan farklı analizlerin sonucunda bütünlük sağlanmamış olsa da elde edilen istatistiksel değerlerin +1.96 değerine oldukça yakın olduğu göze alınarak bu istasyonlarda da artan bir trend olduğu kabul edilmiştir.

**Anahtar Kelime:** İklim Değişimi, Karadeniz Bölgesi, Trend Analizi, Yağış

### Non-Parametric trend analysis of Black Sea Region precipitation

#### Abstract

Precipitation is one of the most variable parameters in the climate elements. Turkey's precipitation average is declining due to global warming. In addition, with the continuation of the factors causing drought, serious problems will occur in the future regarding water and water resources. Accurate forecasting of precipitation is of great importance for effective planning and management of water resources. In this context, the precipitation data of the Black Sea Region were examined in two stages. In the first stage, the monthly variation of the rainfall series of each station was examined with non-parametric Mann-Kendall, modified Mann-Kendall, Spearman Rho, Sen's t Tests. In the second stage, the annual change of the precipitation series of each station was investigated for a significance level of 0.05, and the starting years of the significant trends were determined. As a result, it was determined that there was a 65% increasing trend for 204 months on a monthly basis and there was a 7% significant trend for 0.05 significance level in the considered stations. When examined on an annual basis, it was determined that there was no significant trend for all the analyses at 10 stations, but a significant increase trend was determined in Kastamonu, Amasya, Çorum provinces, and a significant decrease trend was determined in Ordu station. Although the integrity was not achieved as a result of different analyses applied at the remaining 3 stations (Artvin, Bolu and Sinop), it was accepted that there was an increasing trend in these stations, considering that the obtained statistical values were quite close to the value of +1.96.

**Keywords:** Climate Change, Black Sea, Trend Analysis, Precipitation

#### GİRİŞ

Küresel ısınmaya bağlı olarak iklimde meydana gelen değişimleri ve yarattığı etkileri incelemek son yıllarda birçok çalışmaya konu olmuştur. Bu nedenle, iklim değişimini yöneten parametreleri incelemek son derece önemlidir.

İklim, büyük bir alanda meydana gelen ve uzun yıllar süregelen yani değişmeyen hava şartları olarak tanımlanmakla beraber sıcaklık, basınç, rüzgâr, nem ve yağış gibi hava olayları iklimi oluşturan temel öğelerdir. (Kılıç, 2016)

İklim elemanları içerisinde zaman ve mekân bakımından en fazla değişkenlik gösteren parametre, yağış miktarı olması nedeni ile yağışlardaki sistematik artış ve azalışlar iklim değişimini yöneten en önemli parametreler arasında yer almaktadır.

Başta su ve iklim bilim insanları olmak üzere birçok farklı alandaki bilim insanı iklim değişikliğinin sebeplerini, etkilerini ve sonuçlarını çeşitli yöntemlerle incelemektedir. İklim değişimi ile ilgili çalışmalarda sıcaklık, yağış, akış gibi hidrolojik ve meteorolojik büyüklüklerin gerek bir tek istasyonda gerekse havza boyutunda incelenmesi mümkündür. İncelenen veriler aylık ve/veya yıllık gözlemlerin değerlendirilmesi ile yapılabilir. İklim değişiminin bir bölge üzerindeki etkileri araştırılırken, incelenen değerlerin artış veya azalış eğilimi irdelenir. Ayrıca bu azalma veya artma trendinin bir hidrolojik değişim noktasını işaret edip etmediği de sorgulanabilir (Yerdelen, 2013). Bu doğrultuda yapılan birkaç çalışmaya örnek olarak verecek olursak;

Toros (1993), bölgesel olarak iklimde bir değişim olup olmadığını belirlemek için Türkiye genelinde belirlenen 18 meteoroloji istasyonuna ait aylık sıcaklık ve yağış verilerini incelemiştir. Trend analizlerinin sonuçlarına göre, incelenen istasyonlarda önemli sayılabilecek oranda trende rastlanmamıştır. Mevsimsel toplam yağışların kış aylarında azalma, ilkbaharda ise artma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.

Partal ve Kahya (2006), Türkiye’de uzun yıllık ortalama ve aylık toplam yağış serilerine parametrik olmayan testlerden Mann-Kendall ve Sen’in t testini 1929–1993 yılları arasında verilere sahip 96 yağış ölçüm istasyonuna uygulamışlardır. Buna ek olarak, bölgesel ortalama yağış serilerine de aynı testleri uygulamışlardır. Bazı önemli azalma eğilimleri özellikle Ocak, Şubat ve Eylül yağışları ile yıllık ortalama görülmüştür. Gözlenen yıllık ortalama yağışlarında, daha çok Türkiye’nin batısında, güneyinde ve Karadeniz sahili boyunca fark edilebilir azalışlar bulmuşlardır.

Serrano ve ark. (1998) çalışmalarında Iber yarımadasına düşen toplam yağışların aylık ve yıllık trend analizini yapmışlardır. Iber yarımadası trend çalışması için 40 meteorolojik istasyondan alınan veriler değerlendirilmiş olup Ocak 1921 ile Aralık 1995 yılları arasındaki 75 yılı kapsayan dönemlik bir çalışma söz konusudur. Bu çalışmada parametrik olmayan yöntemlerden Mann–Kendall testi tercih edilmiştir. 40 meteorolojik istasyondan alınan 75 yıllık veriler değerlendirildiğinde ise sadece Mart ayı için azalan yönde anlamlı bir trendin varlığı tespit edilmiştir.

Han ve ark. (2014), Xiangxi Nehri Havzasındaki akarsu akımlarının ve yağışların trend analizini aylık, mevsimlik ve yıllık bazda Mann–Kendall Testi ve Sen’in Eğim Metodu’nu kullanılarak yapmışlardır. Yapılan bu trend analizi sonucuna dayanarak Eylül ayında yağışların azalan, akımların ise Nisan, Mayıs, Eylül, Ekim ve Kasım aylarında azalan yönde bir trend seyrettiği görülmüştür. Aralık, Ocak, Şubat aylarında ise akımların anlamlı olmamakla birlikte yukarı yönlü bir trend eğilimi gösterdiği belirtilmiştir. Akarsulardaki değişikliğin özellikle 1989 yılında meydana geldiği söylenmiştir. Yapılan bu çalışmanın sonucunda 1988 yılında insanlar tarafından gerçekleştirilen faaliyetlerin akarsu akımı değişikliğinin esas sorumlusu olduğu ifade edilmiştir.

Bu çalışmada ise Karadeniz bölgesinde bulunan 17 vilayete ait istasyonlardan alınan yağış değerleri aylık ve yıllık toplam bazda parametrik olmayan istatistiksel analizler doğrultusunda 0.05 anlamlılık düzeyi için incelenmiş ve anlamlı trend olduğu belirlenen değerlerin başlangıç noktaları araştırılmıştır.

## **MATERYAL VE METOT**

### **Materyal**

Türkiye’nin Kuzey kısmını oluşturan Karadeniz Bölgesi araştırma alanı olarak seçilmiştir. 131.218 km<sup>2</sup>’lik yüzölçümüne sahip olan Karadeniz Bölgesi kapladığı alan bakımından Türkiye’nin % 18’sini oluşturmaktadır. 40° - 42° Kuzey Enleminde ve 30° - 42.5° Doğu Boylamında yer alan bölge, batıdan doğuya doğru yaklaşık 1400 km’lik uzunluğa, kuzey-güney istikametinde ise 100-200 km arasında değişen genişliğe sahiptir. Çalışmada Karadeniz Bölgesi’nde yer alan Çoruh, Doğu Karadeniz, Kızılırmak, Yeşilirmak, Batı Karadeniz Havzalarında bulunan şehir merkezlerine ait 17 adet meteoroloji gözlem istasyonundan alınan aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne bağlı istasyonlara ait bilgiler ve incelenen dönemler Çizelge 2.1’de verilmiştir.

**Çizelge 1.** İncelenen yağış gözlem istasyonlarına ait bazı özellikler

Havza	İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem (°K)	Boylam (°D)	Yükseklik (m)	Periyot
Çoruh	Artvin	17045	41.1752	41.8187	613	1949-2017
	Bayburt	17089	40.2547	40.2207	1584	1929-2017
	Giresun	17034	40.9227	38.3878	38	1929-2017
Doğu Karadeniz	Gümüşhane	17088	40.4598	39.4653	1216	1931-2017
	Ordu	17033	40.9838	37.8858	5	1929-2017
	Rize	17040	41.0400	40.5013	3	1929-2017
	Trabzon	17037	40.9985	39.7649	25	1928-2005
Kızılırmak	Kastamonu	17074	41.3710	33.7756	800	1930-2017
Yeşilirmak	Amasya	17085	40.6668	35.8353	409	1936-2017
	Çorum	17084	40.5461	34.9362	776	1929-2017
	Samsun	17030	41.3435	36.2553	4	1929-2017
	Tokat	17086	40.3312	36.5577	611	1933-2017
	Bartın	17020	41.6248	32.3569	33	1965-2017
Batı Karadeniz	Bolu	17070	40.7329	31.6022	743	1929-2017
	Düzce	17072	40.8437	31.1488	146	1963-2017
	Sinop	17026	42.0299	35.1545	32	1931-2017
	Zonguldak	17022	41.4492	31.7779	135	1931-2017

## Metot

Bir değişkenin değerlerinde zamana bağlı olarak azalma ya da artma olmasına trend denir. Yağış miktarındaki artma veya azalmanın belirlenmesi, su kaynaklarının planlanması ve işletilmesi açısından son derece önemlidir. Bu değişimin belirlenmesi amacıyla bu çalışmada Mann-Kendall, Modifiye Mann-Kendall, Sen'in t ve Spearman'ın Rho testleri kullanılmıştır. Belirlenen anlamlı değişimlerin hangi yıllarda meydana geldiğini saptamak amacı ile de Mann Kendall Sıra Korelasyon Analizi kullanılmıştır.

### Mann-Kendall Testi

Mann-Kendall Testi (Yu ve ark. 1993) parametrik olmayan bir testtir. Bu yöntem, verilerin büyüklüğünden çok sıraları üzerine esastır.

Mann-Kendall testinin istatistiği S aşağıdaki (1) ifadesiyle hesaplanır.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

Denklemden;  $x_j$  ve  $x_k$  sırasıyla j ve k yıllarındaki verileri göstermektedir. Eğer  $j > k$  olursa buna göre işaret fonksiyonu Denklem (2) deki gibi yazılır.

$$\text{sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} (x_j - x_k) > 0 & \rightarrow +1 \\ (x_j - x_k) = 0 & \rightarrow 0 \\ (x_j - x_k) < 0 & \rightarrow -1 \end{cases} \quad (2)$$

S istatistiğinin teorik olasılık dağılımı, çok sayıda veri olması durumunda normal dağılım için oldukça uygundur. Buna göre ortalama ve varyans Denklem (3) ile hesaplanmıştır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (3)$$

Standart normal değişken Denklem (4) ile hesaplanmıştır.

$$z = \begin{cases} S > 0 & \rightarrow \frac{S - 1}{\sqrt{Var(S)}} \\ S = 0 & \rightarrow 0 \\ S < 0 & \rightarrow \frac{S + 1}{\sqrt{Var(S)}} \end{cases} \quad (4)$$

Standart normal değişken önem seviyesi ( $\alpha: 0.05$ ) ile karşılaştırıldığında  $|Z| \leq Z_{\alpha/2}$  ise  $H_0$  hipotezi kabul edilir, tersi ise reddedilir. Eğer hesaplanan Z değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan eğilim olduğu ifade edilmektedir.

### Modifiye Mann-Kendall Testi

Cox ve Stuart (1955) veri setinde pozitif seri korelasyonun varlığının, trend olmaması durumunda bile testin 'trend var' sonucunu verebileceğini ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple elde edilen test sonuçları, klasik yöntemde zaman zaman hatalı çıkmaktadır. Modifiye Mann-Kendall testinde ise hesaplanan varyans değerine otokorelasyonun etkisi de göz önüne alınır. Düzeltilmiş varyans ifadesi aşağıda Denklem 5' te verildiği şekilde hesaplanır;

$$V(S) = Var(S) * \frac{n}{n_s^*} = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} * \frac{n}{n_s^*} \quad (5)$$

$$\frac{n}{n_s^*} = 1 + \frac{2}{n \cdot (n-1) \cdot (n-2)} \times \sum_{i=1}^{n-1} (n-i)(n-i-2)\rho_s(i) \quad (6)$$

### Spearman'ın Rho Testi

Sıra istatistiği olan  $R(x_i)$  verilerin küçükten büyüğe veya büyükten küçüğe doğru sıralanması ile belirlenir. Gözlem serisi  $X=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  vektörü olmak üzere; iki yönlü test ile tanımlanan  $H_0$  hipotezine göre  $x_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) değerleri eş olasılıklı dağılımlardır,  $H_1$  hipotezine göre ise  $x_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ) değerleri zamanla artar veya azalır. Spearman'ın Rho Testi istatistiği ( $r_s$ ), Denklem 7 bağıntısı ile hesaplanır.

$$r_s = 1 - 6 \frac{[\sum_{i=1}^n (R(x_i) - i)^2]}{(n^3 - n)} \quad (7)$$

$n > 30$  için  $r_s$  dağılımı normale yaklaşacağından normal dağılım tabloları kullanılır. Bunun için  $r_s$ ' nin test istatistiği ( $Z$ ), Denklem 8'de görüldüğü gibi hesaplanır;

$$Z = r_s \sqrt{n-1} \quad (8)$$

Eğer  $|Z|$  değeri, seçilen  $\alpha$  önem seviyesinde Standart Normal Dağılım tablosundan tespit edilen  $Z_\alpha$  değerinden büyük ise, gözlem değerlerinin zamanla değişmediği üzerine kurulan  $H_0$  hipotezi reddedilerek, belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır (İçağa, 1994).

### Sen'in t Testi

Dağılımdan bağımsız olup mevsimsel olaylardan etkilenmeyen test istatistiği aşağıda verilen prosedür ile hesaplanır. Önce değişken değerleri; i yılları ( $i=1, \dots, n$ ) ve j ayları ( $j=1, \dots, 12$ ) gösteren indisler olmak üzere  $X_{ij}$  ile simgelenir. j. ay ve i. yıl için  $X_j$  ve  $X_i$  ortalama değerleri bulunur,

$$X_j = \frac{\sum_i X_{ij}}{n} \quad X_i = \frac{\sum_j X_{ij}}{m} \quad (9)$$

$X_{ij}$  orijinal aylık değerlerinden, karşılık gelen ayın ortalaması çıkarılarak ( $X_{ij}-X_{.j}$ ) fark değerleri elde edilir. Böylece mevsimsel etkiler ortadan kaldırılır, bu farklar küçükten büyüğe dizilerek en küçüğüne 1, en büyüğüne 12n sıra değerleri verilir. Sembolik olarak bu işlem  $R_{ij}=\text{Rank}(X_{ij}-X_{.j})$  eşitliği ile hesaplanır. Verilerde aynı değere sahip farklar (*bağ durumu*) varsa, bunların gerçekte alması gereken sıra değerlerinin ortalaması dikkate alınır, elde edilen sıraların her bir ay ve her bir yıl için ortalamaları  $R_{.j} = \sum R_{ij}/n$  ve  $R_{.i} = \sum R_{ij}/12$  eşitlikleri ile bulunur.

Sen'in t Testi istatistiği aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$T = \left[ \frac{12m^2}{n(n+1) \sum_{i,j} (R_{ij} - R_{.j})^2} \right]^{1/2} \left[ \sum_{i=1}^n \left( i - \frac{n+1}{2} \right) \left( R_{.i} - \frac{nm+1}{2} \right) \right] \quad (10)$$

Bu formüldeki m mevsimsel zaman periyotlarını göstermekte olup yıllık çalışmalarda 1'e, aylık çalışmalarda 12'ye eşittir.  $\alpha$  önem seviyesinde  $|T| > z$  (Standart Normal Değişken) durumunda trendin yokluğu üzerine kurulan  $H_0$  hipotezi reddedilir ve belirli bir trendin olduğu sonucuna varılır. Sen'in t Testi sonucunda elde edilen pozitif değerler azalan yönde, negatif değerler ise artan yönde bir değişim olduğunu ifade etmektedir. (Van Belle ve Huges, 1984)

### Mann-Kendall Mertebe Korelasyon İstatistiği

Parametrik olmayan bu test, uygulanan seride zamanla artma veya azalma olduğunu bulmak için kullanılır. Test, sonuçları grafiksel olarak ifade ederken trendin başlangıç noktasını da belirleyebilmektedir.

Test istatistiğinin ( $u(t)$ ) pozitif değerleri zamanla bir artış eğiliminin olduğunu, negatif değerler ( $u(t)<0$ ), ise zamanla bir azalma eğiliminin olduğunu gösterir.

Bu testte veriler baştan sona doğru numaralandırılarak ( $i$ ) gerçek veri yerine verinin seri içerisindeki mertebesi ( $m_i$ ) kullanılır. Her bir " $m_i$ ", önceki mertebelerden küçük olanlar sayılarak " $n_i$ " gibi bir sayı ile tanımlanır. " $n_i$ " lerin toplamları ile test istatistiği olan " $t$ ";  $t = \sum_{i=1}^n n_i$  eşitliği ile bulunur. Bunun ortalaması;  $E(t) = i(i-1)/4$  varyansı;  $Var(t) = i(i-1)(2i+5)/72$  eşitlikleri ile hesaplanır. Mann-Kendall Mertebe Korelasyon Test istatistiği  $u(t)$  ise;

$$u(t) = [t - E(t)] / \sqrt{Var(t)} \quad (11)$$

olarak bulunur.

Geriye doğru Mann-Kendall Test İstatistiği  $u'(t)$ 'de benzer şekilde hesaplanır. Bu kez veriler sondan başa doğru ( $i'$ ) numaralandırılır. Gerçek veri yerine, verinin seri içerisindeki mertebesi olan her bir " $m_i$ " için, sondan başa doğru kendinden önceki (gerçek anlamda kendinden sonraki yıllarda) kendinden küçük mertebe sayısı " $n_i'$ " ler hesaplanır. " $n_i'$ " lerin toplamları ile test istatistiği olan " $t'$ " bulunur.

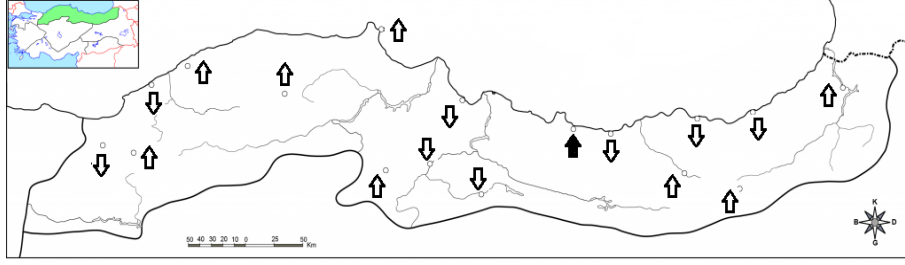
$u(t)$ 'nin  $\pm 1.96$ 'ya ulaşması trendin önemlilik seviyesinin % 95'lere ulaştığını gösterir.  $u'(t)$  ise seri içinde geri yönde  $u(t)$ 'ye benzer şekilde hesaplanır. Grafiksel olarak  $u(t)$  ve  $u'(t)$ , değişimin başladığı yer ile kuvvetini gösterirler.  $u(t)$  ile  $u'(t)$ 'nin grafiksel olarak kesiştikleri nokta trendin başladığı noktayı gösterir. (Büyükyıldız,2004)

### ARAŞTIRMA BULGULARI

Karadeniz Bölgesi'ne ait 17 adet yağış gözlem istasyonunun her bir ayına ait aylık toplam yağış değerlerinin doğrusal trendlerini belirlemek için Mann-Kendall, Modifiye Mann-Kendall, Sen'in t ve Spearman'ın Rho testleri uygulanarak analizlerin istatistiksel sonuçları  $\alpha=0.05$  önem seviyesine göre karşılaştırılmıştır ve her aya ait sonuçlar haritalar üzerinde belirtilmiştir.

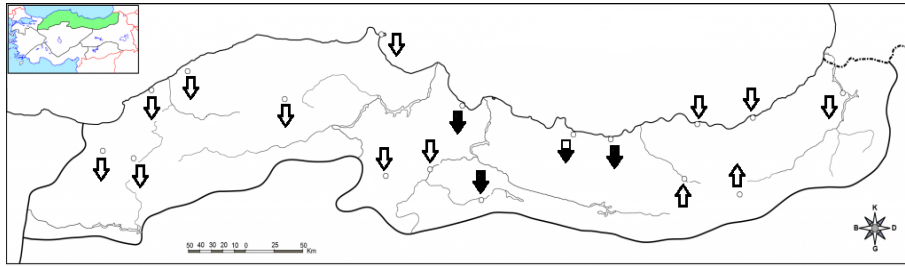
Görsel olarak ifade edilen trend analiz sonuçlarında okun yönü eğilimin artan mı azalan mı olduğu hakkında bilgi verirken, 0.05 önem seviyesi için içi dolu olarak belirtilen oklar, istasyonlardaki eğilimin istatistiksel olarak anlamlı bir trend olduğunu ifade etmektedir.

Ocak ayı için uygulanan tüm analizlerin ortak sonucuna göre Ordu ilinde anlamlı bir artış belirlenmiş iken diğer 16 vilayete ait istasyonlarda belirlenen artış ve azalışların anlamlı olmadığı Şekil 1'de ifade edilmiştir.



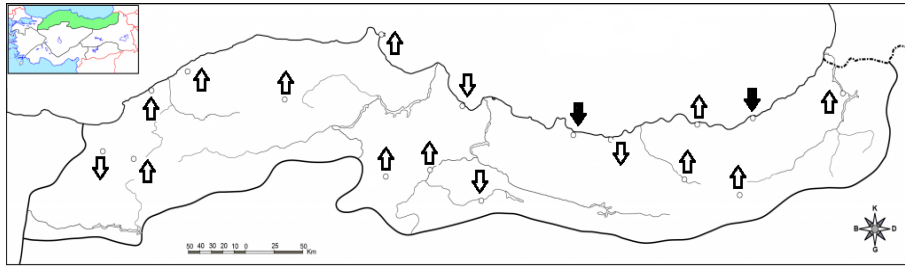
Şekil 1. Ocak ayı trend analiz sonuçları

Şubat ayı için Bayburt ve Gümüşhane istasyonları haricinde geriye kalan istasyonlarda azalan yönde bir eğilim belirlenmiştir. Belirlenen bu eğilimlerin tüm analizler için; Ordu, Samsun, Tokat illerine ait istasyonlarda anlamlı olduğu görülürken Giresun ili için Mann-Kendall ve Spearman Rho'da güven aralığını aşan bir değer belirlenmiş ancak Modifiye Mann-Kendall ve Sen'in t testinde bulunan istatistiksel değerlerin güven aralığı içinde kaldığı gözlenmiştir (Şekil 2).



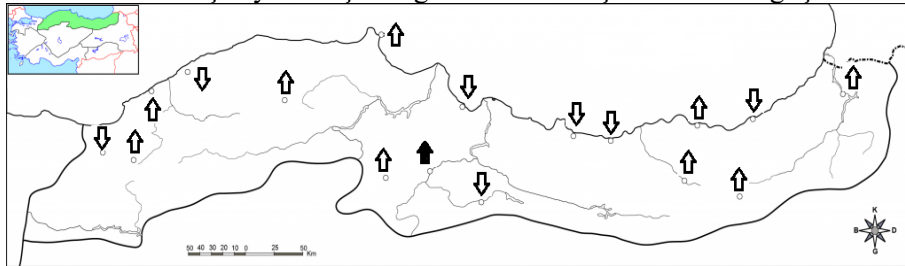
Şekil 2. Şubat ayı trend analiz sonuçları

Mart ayı yağışlarında Ordu ve Rize istasyonları için belirlenen önem seviyesinde anlamlı bir azalış belirlenmiş iken, Gümüşhane iline ait trend analiz sonuçları için belirlenen istatistiksel değer Modifiye Mann-Kendall Testinde güven aralığını aşmış olmasına rağmen diğer analizler güven sınırları içerisinde kalmıştır. Modifiye Mann-Kendall Testinin diğer analizlerden farklı bir sonuç sergilemesinin nedeni, incelemeye alınan veri setinin otokorelasyon katsayısı olarak düşünülmüştür. Geriye kalan istasyonların 12'sinde anlamsız bir artış, 4'ünde anlamsız bir azalış belirlendiği Şekil 3 ile verilmiştir.



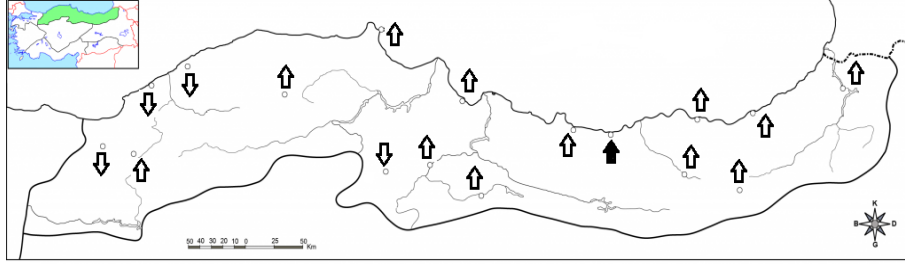
Şekil 3. Mart ayı trend analiz sonuçları

Nisan ayı için Amasya ilinde, Mayıs ayı için ise Giresun ilinde anlamlı bir artış belirlendiği ve her iki ay için diğer istasyonlarda belirlenen artış veya azalışların güven sınırları içerisinde kaldığı Şekil 4 ve 5'te verilmiştir.



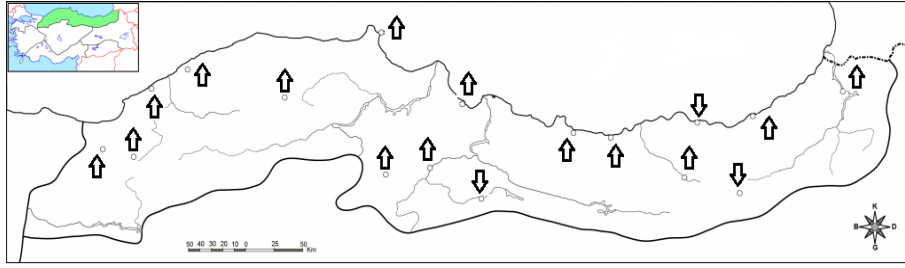
Şekil 4. Nisan ayı trend analiz sonuçları



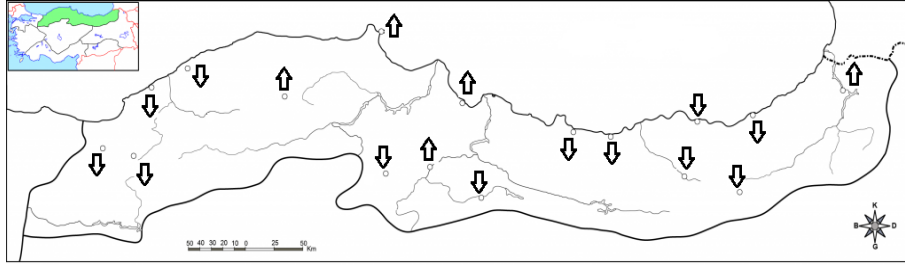


Şekil 5. Mayıs ayı trend analiz sonuçları

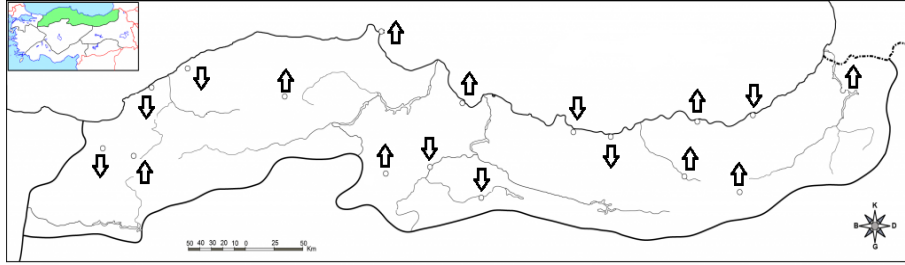
Uygulanan 4 farklı trend analiz sonuçları incelendiği zaman Haziran ayında Amasya iline ait istasyonda Sen'in t testinde, Temmuz ayında Ordu istasyonu ve Ağustos ayında Artvin ili için Modifiye Mann-Kendall Analizinde diğer testlere oranla daha güçlü istatistiksel sonuçlar elde edilmiştir. Genel olarak incelendiği zaman 3 ay için tüm istasyonlardaki eğilimlerin güven aralığı içinde kaldığı Şekil 6, 7 ve 8 ile verilmiştir.



Şekil 6. Haziran ayı trend analiz sonuçları

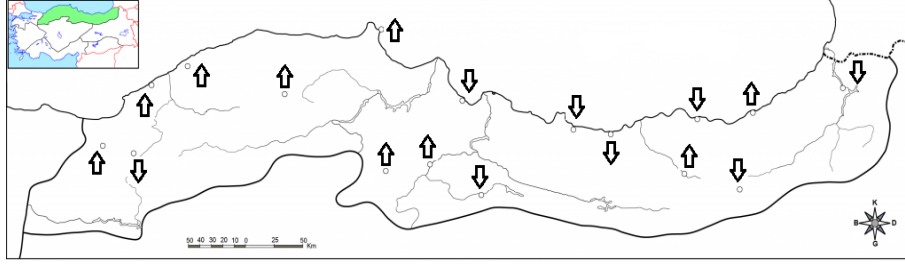


Şekil 7. Temmuz ayı trend analiz sonuçları



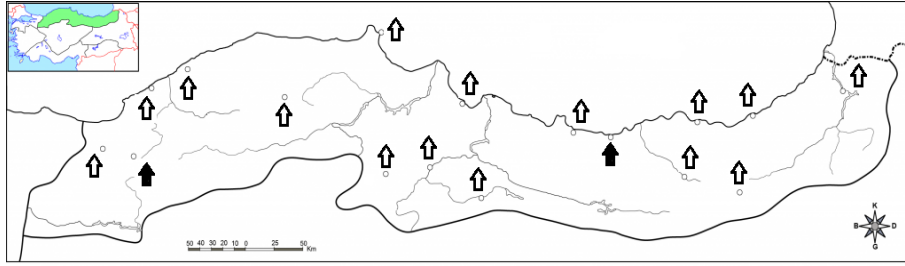
Şekil 8. Ağustos ayı trend analiz sonuçları

Eylül ayı için istasyonların 8'inde azalış, 9'unda ise artış olduğu ve eğilimlerin anlamsız olduğu Şekil 9 ile verilmiştir.



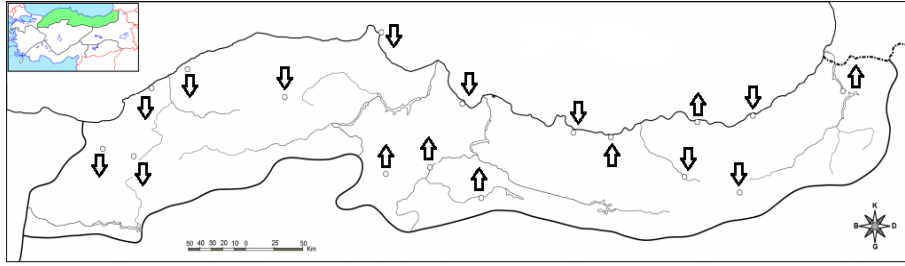
Şekil 9. Eylül ayı trend analiz sonuçları

Ekim ayı için Giresun ve Bolu illerine ait yağış verilerinde uygulanan bütün analizler için anlamlı bir artış gözlenirken Ordu ilinde Modifiye Mann-Kendall, Amasya ilinde Sen'in t testinde diğer analizlere göre daha güçlü sonuçlar bulunmuştur (Şekil 10).

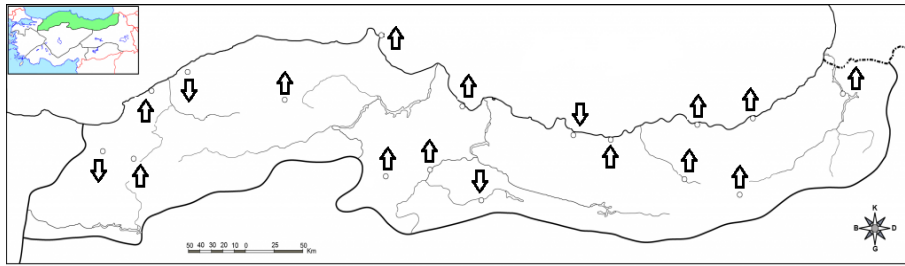


Şekil 10. Ekim ayı trend analiz sonuçları

Kasım ve Aralık ayı için uygulanan trend analizi sonuçları incelendiği zaman belirlenen istatistiksel değerlerin önem arz etmediği belirlenmiştir (Şekil 11 ve 12).

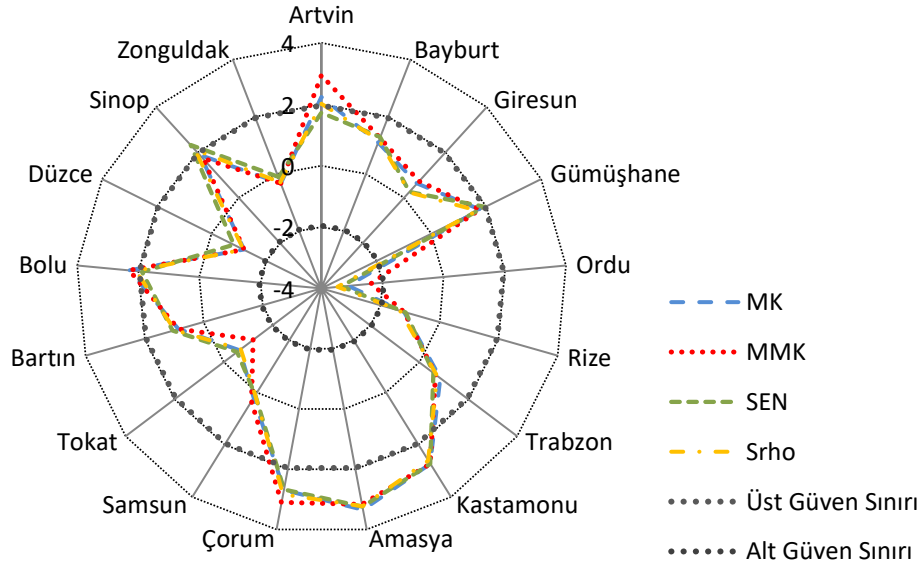


Şekil 11. Kasım ayı trend analiz sonuçları



Şekil 12. Aralık ayı trend analiz sonuçları

Çalışmada kullanılan yağış verileri yıllık bazda %95 güven aralığında incelendiği zaman 10 adet yağış gözlem istasyonunda uygulanan 4 farklı analiz sonucunda anlamlı bir trendin varlığı saptanmamıştır. Kastamonu, Amasya, Çorum illerinde artma trendi belirlenmiş iken Ordu istasyonunda azalma trendi belirlenmiştir. Belirlenen bu bütüncül anlamlı trendlere ek olarak Artvin, Bolu ve Sinop illerine ait istasyonlara uygulanan analizler sonucunda bütünlük sağlanmamış olsa da elde edilen istatistiksel değerler 1.96 değerine oldukça yakın olduğu öne sürülerek bu istasyonlarda da artan bir trend olduğu kabul edilir (Şekil 13).



Şekil 13. Yıllık toplam yağış verilerinin trend analiz sonuçları

Karadeniz Bölgesi'ne ait yağış verileri aylık ve yıllık bazda incelendiği zaman, anlamlı trend belirlenen veri setlerinin sonuçları grafiksel olarak ifade edilebilen ve aynı zamanda trendin başlangıç noktasını belirleyebilen Mann-Kendall Sıra Korelasyon Analizi ile irdelenmiştir. Kırılma yıllarının çoğunluk olarak 1950-1960 ve 1980-1990 yılları arasında meydana geldiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. Trend başlangıç yılları

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Ekim	Aralık	Yıllık
<b>Artvin</b>								1991			1980
<b>Giresun</b>		1962			1969 2010				1945 1980		
<b>Gümüşhane</b>		1980	1968 2002								
<b>Ordu</b>	1961	1957	1954				1951 1983		1938 1974	1945	1951
<b>Rize</b>			1957								
<b>Kastamonu</b>											1998
<b>Amasya</b>				1958		1988			1948 1975		1990
<b>Çorum</b>											1996
<b>Samsun</b>		1965									
<b>Tokat</b>		1954 2010									
<b>Bolu</b>									1985		1993
<b>Sinop</b>											1999

## SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Aylık toplam yağış olarak irdelenen trend analizleri sonucunda Çoruh Havzası için Eylül ayı hariç diğer aylarda çoğunlukla güven aralığında kalan artan bir eğilim belirlenmiştir. Doğu Karadeniz Havzası'nda Mayıs, Haziran ve Ekim aylarında artan bir eğilim varken diğer aylarda havzaya ait merkez istasyonlarında çoğunluk olarak azalan bir eğilim belirlenmiştir. Bu eğilimin Ordu ili için istatistiksel olarak anlamlı olduğu diğer

istasyonlarda çoğunluk olarak %95 önem seviyesi için anlamlı olmayan trendler gözlemlendiği belirlenmiştir. Kızılırmak Havzası'na ait Kastamonu istasyonu için Şubat ve Kasım ayı yağışlarında azalan, diğer aylarda ise artan bir eğilim belirlenmiştir ve bu eğilimlerin dikkate alınacak kadar önemli olmadığı saptanmıştır. Yeşilirmak Havzası'na uygulanan trend analiz sonuçları incelendiği zaman havzanın doğusunda genellikle artan, batısında ise genellikle azalan eğilim olduğu ve doğu kısımlarında Şubat ayında meydana gelen trendin 0.05 önem seviyesi için anlamlı olduğu belirlenmiştir. Son olarak bölgenin batı kısmında yer alan Batı Karadeniz Havzası incelendiği zaman Mart, Haziran, Eylül ve Ekim aylarında artan, diğer aylarda ise azalan bir eğilim olduğu ve bu eğilimin sadece Bolu istasyonuna ait Ekim yağışlarında önemli olduğu saptanmıştır. Aylık incelemelere ek olarak yağış verileri yıllık toplam olarak da irdelenmiştir. Yıllık toplam bazındaki incelemeler sonucunda Zonguldak, Düzce, Tokat ve Ordu illerine ait istasyonlarda azalan bir eğilim belirlenmiş iken diğer istasyonlarda artan bir eğilim olduğu ortaya çıkarılmıştır. Artvin, Çorum, Amasya, Kastamonu ve Rize illerine ait yağışlarda meydana gelen eğilimlerin istatistiksel olarak dikkate alınması gereken değerler olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada aylık toplam yağış miktarı değerlendirilerek ortaya konan değişimler, diğer iklimsel göstergelere de (akım, sıcaklık vb.) uygulanarak daha kapsamlı bir sonuç elde edilebilir. Benzer çalışmalar Türkiye'nin hidrolojik ve klimatolojik elemanları için de yapılabilir. Böylece iklim değişikliklerin oluşumu ve etkileri daha geniş ölçekte gözlenerek su ile yapılacak planlamalara önemli bir katkı sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

- Akyürek, M., 2003, Türkiye Yıllık Ortalama Akımlarının Trend Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi
- Cengiz, T., 2005, Türkiye Göl Seviyelerinin Hidroklimatolojik Analizi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Kalaycı S., Kahya E., 1998, "Susurluk Havzası'ndaki Akarsularda Su Kalitesi Trendlerinin Analizi", Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, Cilt 22, No. 6, s.503-514
- Kılıç, N., 2016, Konya İli Uzun Yıllar Yağış-Sıcaklık Kayıtlarının Analizi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Partal, T Ve Kahya, E., 2006, Trend Analysis in Turkish Precipitation Data Hydrology Process. 20(9):2011–2026
- Yerdelen, C., 2013, Susurluk Havzası Yıllık Akımlarının Trend Analizi Ve Değişim Noktasının Araştırılması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt: 15, No:2, Sayı: 44, sh. 77-87.
- Yu, Y.S., Zou, S., Whittemore, D., 1993, Non-Parametric Trend Analysis of Water Quality Data of Rivers in Kansas, Journal of Hydrology 150: 61-80
- Pettitt A. N. (1979), "A Non-Parametric Approach to the Change-Point Detection", Applied Statistics, Cilt 28, s.126-135

## Plastik kirliliğinin sucul virüs ve bakteriler üzerine etkisi

Müge Fırat<sup>1</sup> (ORCID: 0000-0002-3899-8078), İlker Şimşek<sup>2\*</sup> (ORCID: 0000-0001-9181-9879), Anıl Çaydam<sup>3</sup> (ORCID: 0000-0001-8166-6303)

<sup>1</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Eldivan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Çankırı, Türkiye

<sup>2\*</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Eldivan Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Çankırı, Türkiye

<sup>3</sup>Çankırı Karatekin Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Çankırı, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail:ilkers@karatekin.edu.tr

### Özet

Plastiklerin seri üretimi geçen yüzyılın ortalarında başladığından beri, makrodan nanoya kadar değişen boyutlardaki plastik materyallerin son birikim noktası deniz ve okyanuslar olmuştur. Plastik materyallerin neden olduğu kirliliğin hassas bir dengeye sahip olan sucul ortamdaki canlı türleri üzerinde farklı etkileri olmaktadır. Sucul ortamda yaşayan canlılar tarafından besin olarak tüketilmeleri nedeniyle oluşturdukları olumsuz etkiler yanında içeriklerinde bulunan kimyasal maddeler (fitalatlar, bisfenol A ve kalıcı organik bileşikler)'den kaynaklanan etkiler de ciddi endişelere neden olmaktadır. Bununla birlikte sucul ortamdaki bakteri ve virusların bu kirlilikten nasıl etkilendiği ve kirlletici plastik materyalle olan etkileşimleri bilim dünyasının ilgisini çekmektedir. Plastik materyaller bir yandan bazı bakteri ve virusların sucul canlıların vücuduna girişini kolaylaştırarak bir yandan da canlıların fizyolojilerini etkileyip hastalık etkenlerine karşı dirençlerini düşürerek canlıların enfekte olmasını kolaylaştırmaktadırlar. Plastiklerin geniş yüzey alanına sahip olması bazı bakteri türleri için uygun kolonizasyon alanları oluşturmaktadırlar. Bu derlemede plastik kirliliğinin sucul ortamdaki virüs ve bakterilerin yaşam döngüleri üzerine olan etkileri ve bunun diğer deniz canlılarını nasıl etkilediği üzerinde durulacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Plastik kirliliği, sucul viruslar, sucul bakteriler, sucul biyota

### Effects of plastic pollution on aquatic viruses and bacteria

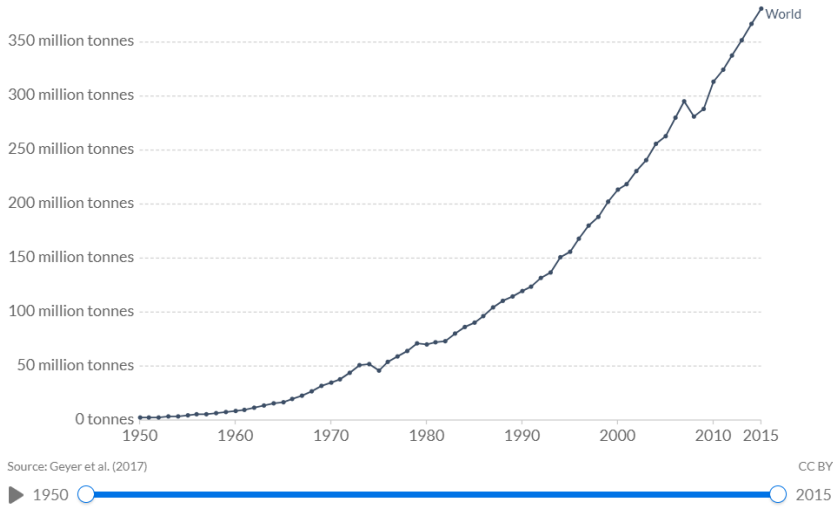
#### Abstract

Since mass production of plastic began in the middle of the last century, the last accumulation point of plastic materials ranging from macro to nano has been the sea and oceans. Due to their consumption as food by living creatures in the aquatic environment, the chemical substances (phthalates, bisphenol A and persistent organic compounds) which are as an ingredient of them cause some serious problems. Additionally, bacteria and viruses in the aquatic environment are affected by this pollution and their interactions with plastic materials attract the attention of the scientific world. On the one hand, plastic materials facilitate the entry of some bacteria and viruses into the body of aquatic organisms, on the other hand, they affect to aquatic organism's physiology and reduce their resistance to diseases. It makes easier to become infected. The large surface area of plastics creates suitable colonization places for some bacterial species. In this review, the effects of plastic pollution on the life cycle of viruses and bacteria in the aquatic environment and relationship between marine organisms to them will be discussed.

**Keywords:** Plastic pollution, aquatic viruses, aquatic bacteria, aquatic biota

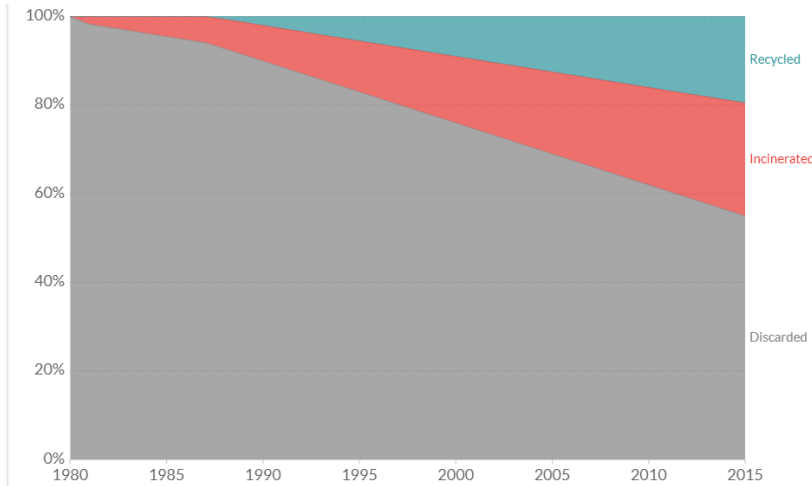
### GİRİŞ

Geçtiğimiz yüzyılın ortalarında başlayan plastik üretiminin yıllar geçtikçe katlanarak arttığı gözlenmiştir. 1950'lerde yıllık üretim miktarı 2 milyon ton kadarken 2015 yılına gelindiğinde yıllık üretim yaklaşık olarak 200 kat artmış ve 381 milyon tona ulaşmıştır (Şekil 1). Bu miktar yaklaşık olarak dünya nüfusunun toplam kütlelerinin 2/3'ü kadardır. Kümülatif üretim ise 7,8 milyar ton olarak hesaplanmaktadır.



Şekil 1. Yıllık plastik üretimi (Geyer ve ark., 2017).

Başlangıçta uygulanmayan geri dönüşüm ve yakma işlemleri 1980'lerden itibaren kullanılmaya başlanmış, 2015 yılına gelindiğinde ise üretilen plastiğin %55'inin atılmakta olduğu belirtilmiştir. 1950'den beri üretilen toplam plastiğin 5,8 milyar tonunun atık olarak doğaya bırakıldığı hesaplanmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Küresel plastik atıkları (Geyer ve ark., 2017).

Günümüzde plastik kirliliği antropojenik kirlilikler içinde ilk sıralarda yer almaktadır (Ritchie ve Roser, 2018). Karasal ortama bırakılan plastik atıkların nihai duraklarının deniz ve okyanuslar olduğu belirtilmektedir. Deniz ve okyanuslardaki plastik kirliliğinin %80'inin karasal kökenli olduğu belirtilmektedir (Li ve ark., 2016)

Sucul ortama geçen plastik atıklarının fotodegradasyon ve ayrışma süreçleri yoluyla farklı boyutlarda plastiklere parçalandığı, oluşan parçacıkların boyutlarının 0,1 µm ile 200 mm (veya daha büyük) arasında olduğu bildirilmektedir. Oluşan plastik kirliliğinin bakteri, virüs ve zooplanktondan deniz memelileri, deniz kuşları ve deniz sürüngenlerine kadar tüm deniz faunasını, bünyelerine topladıkları kalıcı organik kirleticilerin neden olduğu olumsuz etkiler, doğrudan yutulmaları veya canlıların bedenlerine dolanması yoluyla etkiledikleri belgelenmiştir (Eriksen ve ark., 2014). Bunun yanında mikro ve makro organizmaların plastik kalıntılarında kolonize oldukları bildirilmektedir.

Plastiklerin deniz canlıları üzerindeki etkilerinin incelendiği bir çalışmada algler ve bakteriler dışındaki canlılarda plastiklerin olumsuz etkileri olduğu bildirilmiştir. Bakterilerin ise türe göre değişmekle birlikte denizlerdeki dağılımlarının ve varlıklarının arttığı tespit edilmiştir. Bunda en önemli etkenin zaman geçtikçe parçalanan plastiğin oluşturduğu geniş yüzey alanının, bulunduğu ortamdaki substrat içeriğine de bağlı olarak bakterilerin kolonize olmaları için uygun bir ortam oluşturması olduğu belirtilmiştir (Beaumont ve ark., 2019).

## Bakteriler

Tüm sucul ekosistemlerde biyojeokimyasal döngü, organik maddenin sentezi ve bozunması için temel oluşturmaktadır. Redoks ortamı, baskın mikrobiyal toplulukları ve temel mikrobiyal solunum yollarını etkilemektedir. Okyanusun tüm alanlarında plastik kalıntılarının yaygınlığı, bazı mikroorganizmaların bu biyojeokimyasal döngüleri yürütmek için karbon kaynağı, substrat veya yardımcı substrat olarak plastiği ve onun bozunma ara ürünlerini kullanabileceğini göstermektedir. Mikroorganizmalar, plastik kalıntılarının yüzeyini kolonizasyon amacıyla kullanarak pasif olarak yapışabilmektedirler. Bunun dışında plastik, mikroorganizmalar tarafından bir substrat olarak da kullanılabilir (Calabuig ve ark., 2019).

Doğal ve sentetik polimerlerin biyolojik olarak parçalanması, polimerlerin monomere parçalanması yoluyla olmaktadır. Bunun sonucunda da oksijen mevcudiyetine bağlı olarak su, hidrojen, metan ve karbondioksit üretimi gerçekleşmektedir. Normal şartlar altında sentetik polimerlerin biyolojik olarak parçalanması oldukça zordur (Debroas ve ark., 2017). Tek tek bakterilerin, uygun bir enzimatik yoldan veya gerekli yardımcı substratlar ve besinlerden yoksun olmaları plastiği bir karbon kaynağı olarak kullanabilmeleri için engel oluşturmaktadır. Biyofilmlerdeki mikroorganizmalar arasındaki simbiyotik ilişkilerin ise laboratuvar ortamında polimerlerin aşamalı olarak parçalanması ve bozulmasını arttırdığı gözlenmiştir (Yang ve ark., 2015).

Plastikler deniz ortamına girdiğinde, öncelikle UV ve oksijene maruz kalma yoluyla meydana gelen abiyotik bozunma, mikroplara karşı daha kararsız fonksiyonel gruplar oluşturarak ve plastik yüzey hidrofobikliğini değiştirerek mikrobiyal saldırı için uygun bir ortam oluşturduğu belirtilmiştir (Restrepo-Flórez ve ark., 2014). Pelagic sularda ve deniz suyundan izole edilen *Kocuria palustris*, *Bacillus pumilus*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus sphaericus*, *Bacillus cereus* ve *Brevibacillus borstelensis*'in düşük ve yüksek yoğunluklu polietilenleri parçaladıkları, Mangrove sedimentinden izole edilen *Bacillus cereus* ve *Bacillus gottheilii*'nin polietilen tereftalatı, *Rhodococcus sp.* ve *Bacillus sp.*'nin polistireni, *Bacillus cereuse*, *Bacillus gottheilii*'nin polipropileni ve bazı *Pseudomonas sp.*'nin de polikaprolaktonu parçaladıkları tespit edilmiştir (Harshvardhan ve Jha, 2013; Sudhakar ve ark., 2018; Paço ve ark., 2017; Yoshida ve ark., 2016; Auta ve ark., 2017; Auta ve ark., 2018; Cosgrove ve ark., 2007; Sangeetha ve ark., 2015; Suzuki ve ark., 2018; Russell ve ark., 2011; Mohanrasu ve ark., 2018; Singh ve Gupta, 2014; Nanda ve Sahu, 2010).

Singapur'daki farklı plajlardan toplanan mikroplastikler incelendiğinde *Proteobacteria sp.*, *Bacteroidetes sp.* ve *Firmicutes sp.*'nin en çok tespit edilen bakteriler olduğu, bunlara ek olarak *Erythrobacteraceae sp.*, *Rhodospirillaceae sp.* ve *Rhodobacteraceae sp.*'nin de tespit edildiği bildirilmiştir. Bölgeler arasındaki farklılık sudaki kirlilik, sıcaklık, rüzgar durumu gibi farklılıklara bağlı olduğu, plastiğin bu bakteriler için uygun kolonizasyon alanları oluşturduğu belirtilmiştir (Curren ve ark., 2019).

Woodal ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada derin denizlerden toplanan plastik kalıntılarında zengin bir çeşitliliğe sahip bakteriyel kolonizasyon tespit ettiklerini, deniz ekosistemlerindeki karbon döngüsü için önemli olan *Proteobacteria*, özellikle de Alfa ve Gammaproteobacteriaların plastik kalıntılarındaki biyofilmlerde oldukça bol miktarda bulduklarını bildirmişlerdir.

*Prochlorococcus*, dünya okyanuslarının pek çok bölgesinde bulunan fotosentez yoluyla çok yüksek miktarda oksijen üretimi gerçekleştiren bir bakteri olduğu ve neredeyse dünyada en bol bulunan fotosentetik organizma olduğu belirtilmektedir. Bu bakteriyel birincil üreticiler, deniz besin zincirini desteklemeye yardımcı olarak küresel karbon fiksasyonu ve oksijen üretimine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Laboratuvar ortamında bu bakterilere plastiklerden sızan okyanus suyu uygulandığında gelişmelerinin durduğu, fotosentez yapamadıkları ve oksijen üretmedikleri tespit edilmiştir (Tetu ve ark., 2020).

## Virüsler

Plastik kalıntılarının virüsler üzerine olan etkisinden ziyade viral hastalıklar ve patojenlerdeki değişimlerin ilgi odağı görülmektedir. Özellikle plastik üretimi sırasında kullanılan plastikleştirici maddeler ve sonradan bünyelerinde birikerek miktarları artan ortamda bulunan kalıcı organik kirleticilerin etkisiyle araştırma konusu olmuştur. Özellikle su ve sedimentte tespit edilen dioktil fitalatın karideslerin hemositlerine zarar verdiği ve bağışıklık sistemlerini bozduğu gösterilmiştir (Sung ve ark., 2003). Yine dioktil fitalatın apoptoz, sinyal iletimi ve metabolizmada yer alan bazı proteinlerin aktivitesini değiştirebileceği tespit edilmiştir (Park ve Kwak (2009, 2012; Caldwell (2012). Ayrıca, DOP, *Chironomus riparius* ve *Tigriopus japonicus* gibi daha düşük suda

yaşayan hayvanlarda sitoskeletal proteinler, alkol dehidrojenazlar ve ısı şok proteinleri dahil olmak üzere birçok genin ekspresyonunu indükler (Li ve ark., 2010). Wang ve ark. (2016), yaptıkları çalışma ile dioktil fitalatın *T. Granosa* türü midye dokularında bulunan metaloproteinaz miktarını düşürerek bağıışıklığı zayıflattığı ve viral hastalıklara duyarlı hale getirdiğini tespit etmişlerdir. Daha önceleri yoğun olarak kullanılmış olan fakat günümüzde dünyanın birçok gelişmiş ülkesinde özellikle bebek ürünlerinde kullanımı kısıtlanmış veya kaldırılmış olan bisfenol A'ya kısa süreli maruziyetin Atlantik somonlarında oksidatif stresi arttırdığı ve virüs enfeksiyonunda ortaya çıkan arttırılmış reseptör yanıtı oluşturduğu tespit edilmiştir (Yazdani ve ark., 2016).

Kuzey Yarımkürede 50'den fazla tatlı ve tuzlu balığını etkileyen viral septisemi virüsünün bulaşmasıyla ilgili yapılan bir çalışmada deniz canlılarının sindirim sistemlerinde tespit edilmiş olan plastik kalıntılarında özellikle oltalarda kullanılan plastik malzemelerin virüsün taşınmasından sorumlu olabileceği belirtilmiştir (Pham ve ark., 2012).

## SONUÇ

Plastik materyaller bir yandan bazı bakteri ve virusların sucul canlıların vücuduna girişini kolaylaştırarak bir yandan da canlıların fizyolojilerini etkileyip hastalık etkenlerine karşı dirençlerini düşürerek canlıların enfekte olmasını kolaylaştırmaktadırlar. Plastiklerin sucul faunadaki canlı türleri üzerine olan etkileri bazı algler ve bakteriler dışında olumsuzdur. Öte yandan geniş yüzey alanına sahip olmaları bazı bakteri türleri için uygun kolonizasyon alanları oluşturmakta, bazı bakteri türleri de değişik oranlarda olmak üzere karbon kaynağı olarak plastiği tükettikleri görülmüştür. Fakat doğadaki uyum süreçlerinin değişim hızının, oluşan plastik atığını ortadan kaldıracabilecek düzeye erişemediği görülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Auta HS, Emenike CU, Fauziah SH 2017. Screening of *Bacillus* strains isolated from mangrove ecosystems in Peninsular Malaysia for microplastic degradation. *Environmental Pollution*, 231: 1552-1559.
- Auta, HS, Emenike CU, Jayanthi B, Fauziah SH 2018. Growth kinetics and biodeterioration of polypropylene microplastics by *Bacillus* sp. and *Rhodococcus* sp. isolated from mangrove sediment. *Marine Pollution Bulletin*, 127: 15–21.
- Barnes DKA, Galgani F, Thompson RC, Barlaz M 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 364: 1985-1998.
- Beaumont NJ, Aanesen M, Austen MC, Börger T, Clark JR, Cole M, Wyles KJ (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142: 189-195.
- Calabuig JAC, Rogers K, Gorokhova E, Posth N (2019). Micro-by-micro interactions: how microorganisms influence the fate of marine microplastics. Preprints, 2019100125, (doi: 10.20944/preprints201910.0125.v1).
- Caldwell JC (2012). DEHP: Genotoxicity and potential carcinogenic mechanisms-A review. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 751(2): 82-157.
- Cosgrove L, McGeechan PL, Robson GD, Handley PS (2007). Fungal communities associated with degradation of polyester polyurethane in soil. *Applied and Environmental Microbiology*, 73: 5817-5824.
- Curren E, Leong SCY (2019). Profiles of bacterial assemblages from microplastics of tropical coastal environments. *Science of the Total Environment*, 655: 313-320.
- Debroas D, Mone A, Ter Halle A (2017). Plastics in the North Atlantic garbage patch: A boat-microbe for hitchhikers and plastic degraders. *Science of the Total Environment*, 599: 1222-1232.
- Eriksen M, Lebreton LCM, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, Borrero JS, Galgani F, Ryan PG, Reisser J (2014). Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PLoS ONE* 9(12): e111913.
- Geyer R, Jambeck JR, Law KL (2017). Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7): e1700782.
- Harshvardhan K, Jha B (2013). Biodegradation of low-density polyethylene by marine bacteria from pelagic waters, Arabian Sea, India. *Marine Pollution Bulletin*, 77: 100-106.
- Li CH, Wang LL, Ning XX, Chen AQ, Zhang LB, Qin S, Wu HF, Zhao JM (2010). Identification of two small heat shock proteins with different response profile to cadmium and pathogen stresses in *Venerupis philippinarum*. *Cell Stress and Chaperones*, 15 (6): 897-904.



- Li WC, Tse HF, Fok L (2016). Plastic waste in the marine environment: A review of sources, occurrence and effects. *Science of the Total Environment*, 566: 333-349.
- Mohanrasu K, Premnath N, Siva Prakash G, Sudhakar M, Boobalan T, Arun A (2018). Exploring multi potential uses of marine bacteria; an integrated approach for PHB production, PAHs and polyethylene biodegradation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B*, 185: 55-65.
- Nanda S, Sahu SS (2010). Biodegradability of polyethylene by *Brevibacillus*, *Pseudomonas*, and *Rhodococcus* spp. *New York Science Journal*, 3: 95-98.
- Oberbeckmann S, Löder MA, Labrenz M (2015). Marine microplastic-associated biofilms-a review. *CSIRO Publishing*, 12: 551-562.
- Paço A, Duarte K, da Costa JP, Santos PS, Pereira R, Pereira ME, Rocha-Santos TA (2017). Biodegradation of polyethylene microplastics by the marine fungus *Zalerion maritimum*. *Science of the Total Environment*, 586: 10-15.
- Park K, Kwak IS (2012). Gene expression of ribosomal protein mRNA in *Chironomus riparius* : effects of endocrine disruptor chemicals and antibiotics. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology*, 156 (2): 113-120.
- Pham PH, Jung J, Lumsden JS, Dixon B, Bols NC (2012). The potential of waste items in aquatic environments to act as fomites for viral haemorrhagic septicaemia virus. *Journal of Fish Diseases*, 35(1): 73-77.
- Restrepo-Flórez JM, Bassi A, Thompson MR (2014). Microbial degradation and deterioration of polyethylene-A review. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 88: 83-90.
- Ritchie H, Roser M (2018). Plastic Pollution. Available at: <https://ourworldindata.org/plastic-pollution> [14.09.2020]
- Russell JR, Huang J, Anand P, Kucera K, Sandoval AG, Dantzler KW, Marks DH (2011). Biodegradation of polyester polyurethane by endophytic fungi. *Applied and Environmental Microbiology*, 77(17): 6076-6084.
- Sangeetha Devi R, Rajesh Kannan V, Nivas D, Kannan K, Chandru S, Robert Antony A (2015). Biodegradation of HDPE by *Aspergillus* spp. from marine ecosystem of Gulf of Mannar, India. *Marine Pollution Bulletin*, 96: 32-40.
- Jyoti S, Gupta KC (2014). Screening and identification of low density polyethylene (LDPE) degrading soil fungi isolated from polythene polluted sites around Gwalior city (MP). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(6): 443-448.
- Sudhakar M, Doble M, Murthy PS, Venkatesan R (2008). Marine microbe-mediated biodegradation of low- and high-density polyethylenes. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 61: 203-213.
- Sung HH, Kao WY, Su YJ (2003). Effects and toxicity of phthalate esters to hemocytes of giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* . *Aquatic Toxicology*, 64 (1): 25-37.
- Suzuki M, Tachibana Y, Oba K, Takizawa R, Ichi Kasuya K (2018). Microbial degradation of poly( $\epsilon$ -caprolactone) in a coastal environment. *Polymer Degradation and Stability*, 149: 1-8.
- Tetu SG, Sarker I, Moore LR (2020). How will marine plastic pollution affect bacterial primary producers? *Communications Biology*, 3(1): 1-4.
- Wang J, Li Y, Dai J, Su X, Li C, Shen L (2016). Long-term effects of di-octyl phthalate on the expression of immune-related genes in *Tegillarca granosa*. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 34(3): 423-429.
- Woodall LC, Jungblut AD, Hopkins K, Hall A, Robinson LF, Gwinnett C, Paterson GL (2018). Deep-sea anthropogenic macrodebris harbours rich and diverse communities of bacteria and archaea. *PloS one*, 13(11): e0206220.
- Yang Y, Yang J, Wu WM, Zhao J, Song Y, Gao L, Yang R, Jiang L (2015). Biodegradation and Mineralization of Polystyrene by Plastic-Eating Mealworms: Part 1. Chemical and Physical Characterization and Isotopic Tests. *Environmental Science & Technology*, 49: 12080-12086.
- Yazdani M, Andresen AMS, Gjøen T (2016). Short-term effect of bisphenol-a on oxidative stress responses in Atlantic salmon kidney cell line: a transcriptional study. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 26(4): 295-300.
- Yoshida S, Hiraga K, Takehana T, Taniguchi I, Yamaji H, Maeda Y, Oda K (2016). A bacterium that degrades and assimilates poly (ethylene terephthalate). *Science*, 351(6278): 1196-1199.

## Effects of the gap size for buckling restrained brace with gusset connection

Yasin Onuralp Özkılıç (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9354-4784>)

Necmettin Erbakan University, Engineering and Architecture Faculty, Department of Civil Engineering,  
Konya, Turkey.

Corresponding author e-mail: yozkilic@erbakan.edu.tr

### Abstract

Buckling restrained brace frames are generally preferred in high seismic regions owing to their stable hysteresis, high energy capacity, ductility and stiffness capacities. A typical buckling restrained brace consists of a core element and a restraining element. The applied forces are resisted by the core element. The core element can yield under both tension and compression forces which leads to stable hysteresis. The restraining element prevents excessive buckling of the core element. A gap is provided between the restraining element and the core element in order to prevent any force transfer. In this study, the effects of the gap size is examined numerically using commercially available software, Abaqus. The numerical model was verified using experimental data in the literature and then a parametric study was conducted. The models were subjected to monotonic loading. The effects of the size of the gap to load carrying capacity of buckling restrained brace with gusset connection are presented. The results revealed that increasing gap size leads to a decrease in load carrying capacity and also causes fluctuations in loading.

**Keywords:** Buckling restrained brace, Abaqus, gap

### INTRODUCTION

Buckling restraining braces are one of the earthquake resisting systems used in steel structures. Unlike conventional braces such as concentrically braced frames, they exhibited stable hysteresis behavior which leads to high energy dissipation capacity. This behavior is achieved by yielding under both tension and compression. The comparison of the hysteresis behavior of buckling restrained braces and conventional braces are illustrated in Figure 1.

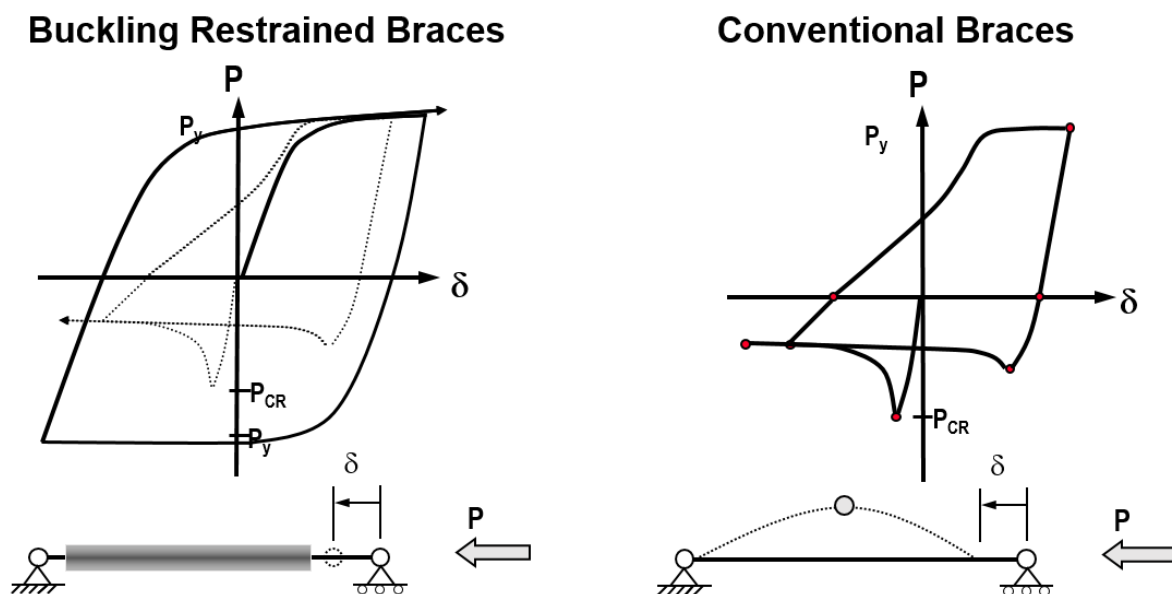
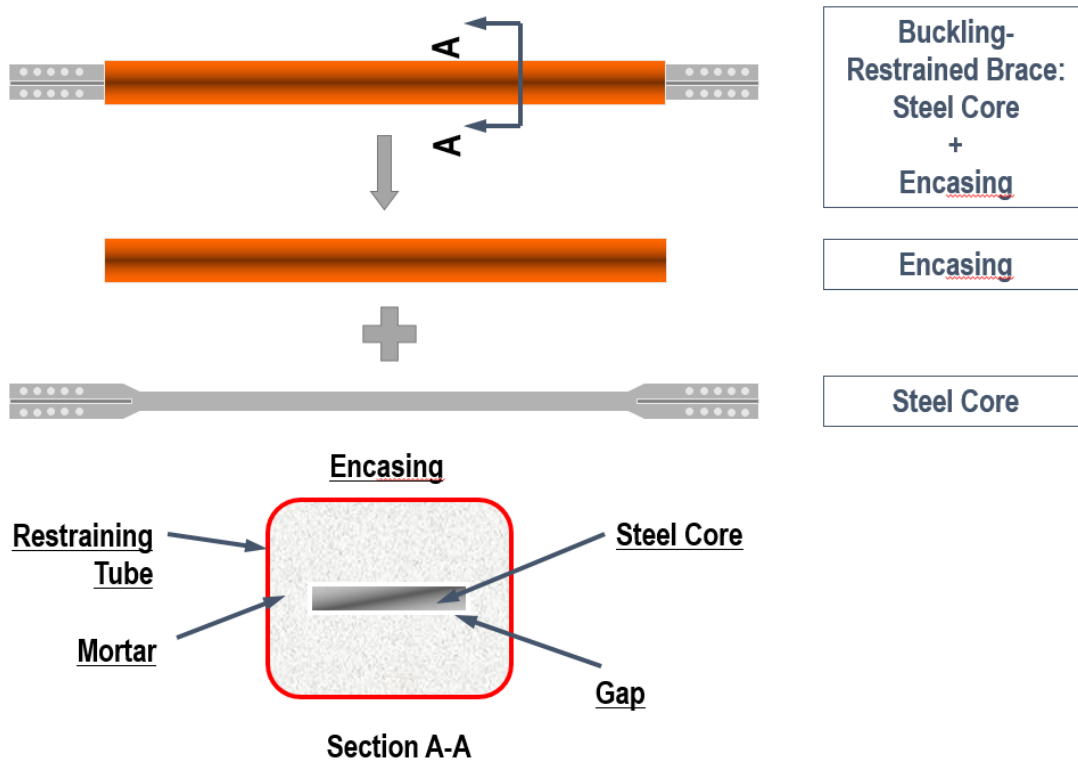


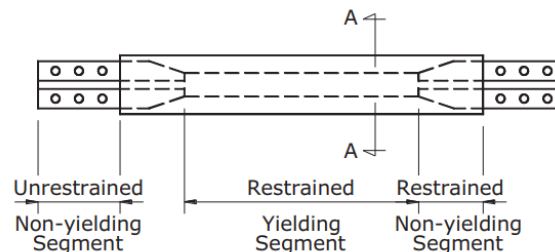
Figure 1. Comparison of Buckling Restrained Braces and Conventional Braces (Engelhardt, 2007)

Buckling restrained braces are mainly composed of a core and encasing. Figure 2 demonstrates the components of a typical buckling restrained braces. A core is generally made of a steel member. On the other hand, the encasing is selected as steel (Bozkurt and Topkaya, 2016; Guo et al., 2018; Dehghani and Tremblay, 2017), concrete (Wang et al., 2018) and pultruded GFRP (Dusicka and Tinker, 2013). Energy dissipation or yielding is provided by the core element. During compression, the core element will start to buckle. In order to prevent buckling of the steel core, the encasing is utilized. However, it is important that the steel core should not transfer any loads to encasing. In order to achieve this, a gap or unbonding material is used between the steel core and encasing.



**Figure 2.** Components of Buckling Restrained Braces (Engelhardt, 2007)

A typical buckling restrained brace can be divided into three segments: restrained yielding segment, restrained non-yielding segment, unrestrained non-yielding segment (Figure 3). Unrestrained non-yielding segment is used to connect a buckling restrained brace to a frame. Restrained yielding segment is composed of a core and an encasing. Restrained non-yielding is designed to show elastic behavior.



**Figure 3.** Segments of Buckling Restrained Braces (Özkılıç et al., 2018)

In this study, the effects of gap size on the behavior of buckling restrained braces are studied. If the provided gap is too small, the core element and encasing can interact which leads to force transfer. On the other hand, if the provided gap is too large, then the steel core buckles. Therefore, the size of this gap is important.

## MATERIALS AND METHODS

In order to investigate the effects of gap size, a numerical study was conducted using the finite element tool, ABAQUS. ABAQUS is preferred by many researchers to study civil engineering problems (Özkılıç, 2020; Madenci et al., 2020, Aksoylu et al., 2020).

Three dimensional solid elements were used to construct the numerical model. The eight node brick element with reduced integration (C3D8R) was selected as mesh elements for whole model. Small mesh size was utilized in yielding segment while large mesh size was used in nonyielding segments. A typical mesh model is demonstrated in Figure 4. Geometric nonlinearity was included to simulate large deformations and nonlinear material models were also implemented. Welds were not modeled explicitly instead tie contact was preferred. Displacement controlled loading was applied to the models. Monotonic loading was preferred in order to reduce the computational cost significantly.

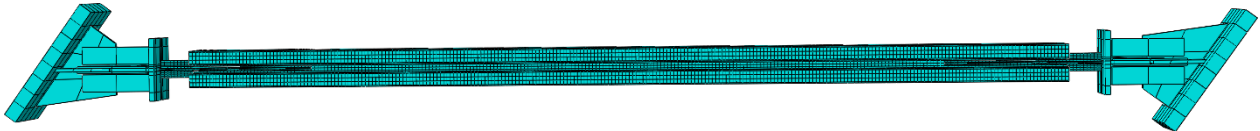


Figure 4. Configuration of mesh model

In order to verify the accuracy of the assumption in the numerical model, the study conducted by Bozkurt et al. (2018) was simulated. Bozkurt et al. (2018) tested four buckling restrained braces using a sub-assembly test setup. Two different connections which are gusset and pin connections were studied. The dimensions of buckling restrained braces with gusset connection are shown in Figure 5.

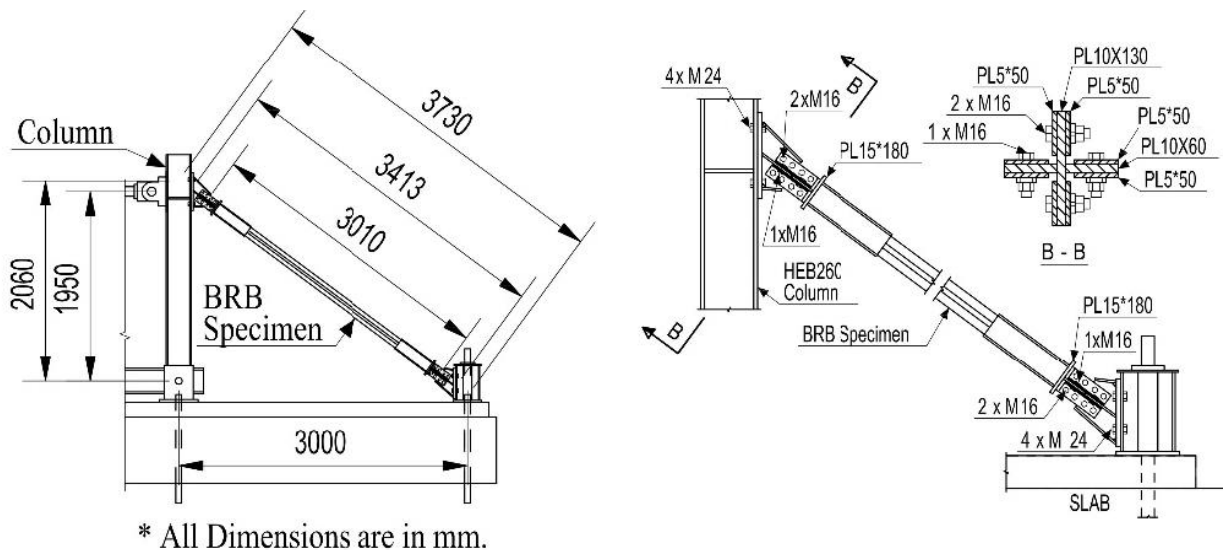
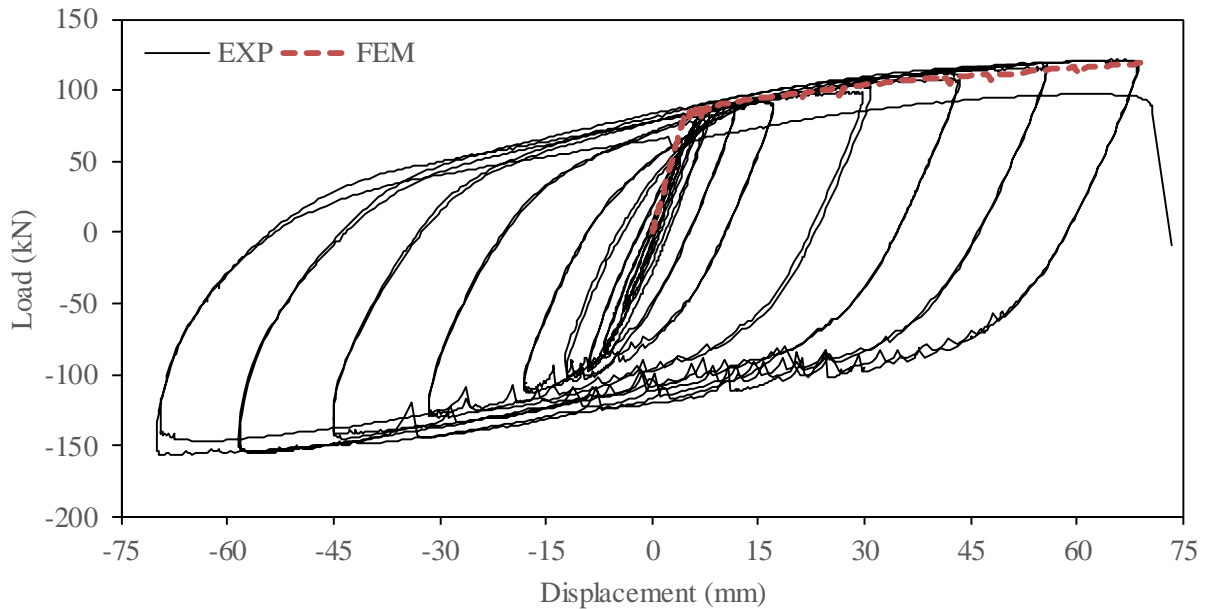


Figure 5. Dimension of sub-assembly test setup (Bozkurt et al., 2018)

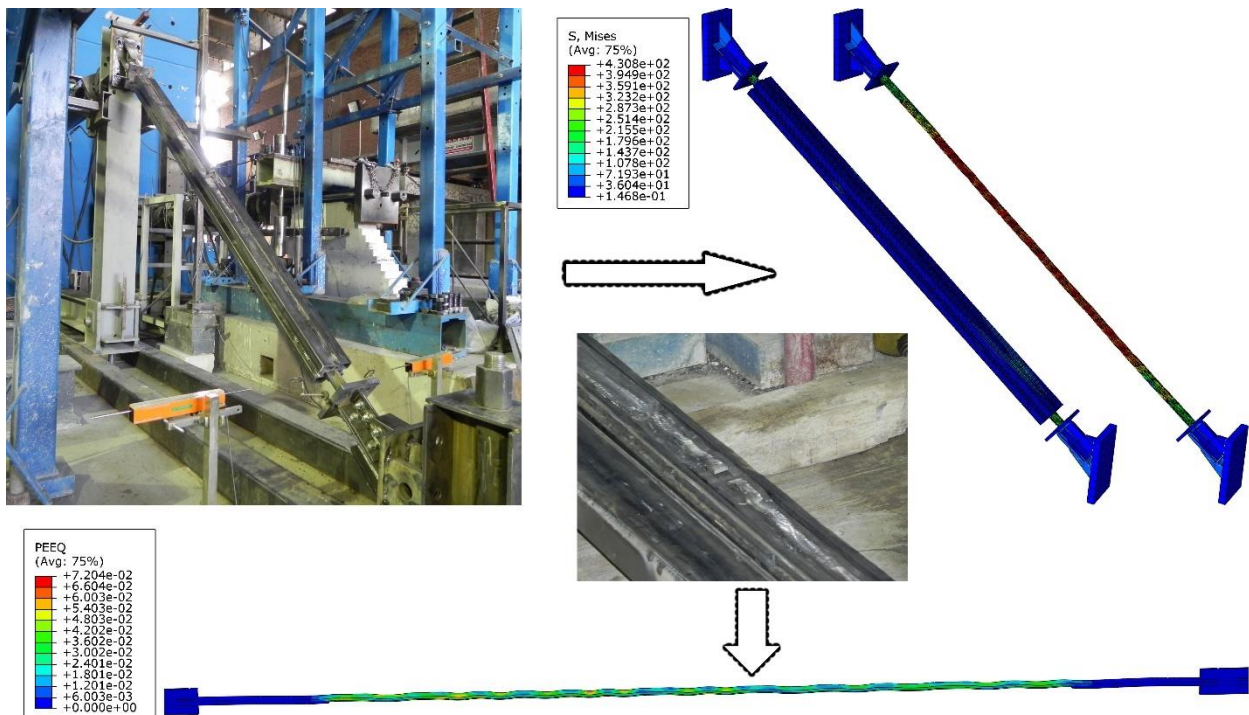
## RESULTS AND DISCUSSION

Figure 6 demonstrates the comparison of the experimental findings and numerical results in terms of hysteresis behavior. The verification model revealed that finite element models give slightly stiffer results than the experimental findings. The model is able to capture load-displacement value of experimental results.



**Figure 6.** Comparison of the experimental findings and numerical results

The deformed shapes of experimental and numerical study are compared in Figure 7. It is seen that the numerical model simulated buckling of the steel core due to the provided gap. Similar buckling was also observed in the experimental study. Therefore, it can be concluded that the assumed model can be used to investigate the effect of the gap size.



**Figure 7.** Deformed shapes

Five numerical models having the same boundary conditions, material models, dimensions were constructed. The numerical models have the same properties as the experimental study of Bozkurt et al. 2018 except that different gap sizes were adopted. Gap sizes of 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm and 5 mm were selected. In the

experimental study, a gap size of 2 mm was utilized. All models were subjected to monotonic loading up to the displacement of 70 mm.

Deformed shapes in terms of U1 displacement and PEEQ distributions of developed numerical models are demonstrated in Figure 8. It is seen from U1 distribution, as the gap size increases, buckling of steel core increases. Moreover, PEEQ is getting higher as the gap size increases.

Load displacement curves of numerical models are shown in Figure 9. It is observed that increasing gap size results in a decrease in maximum loading. 10% difference of maximum load is observed between numerical models with a gap size of 11 mm and 15 mm. More importantly is that increasing gap size leads to fluctuations in load displacement curves. These fluctuations were also observed in the experimental study (Figure 6). As the gap size increases, the fluctuations increase. For the model with gap size of 5 mm, these fluctuations decreased loading by 22%. This ratio modifies to 3% when the gap size is reduced to 1 mm.

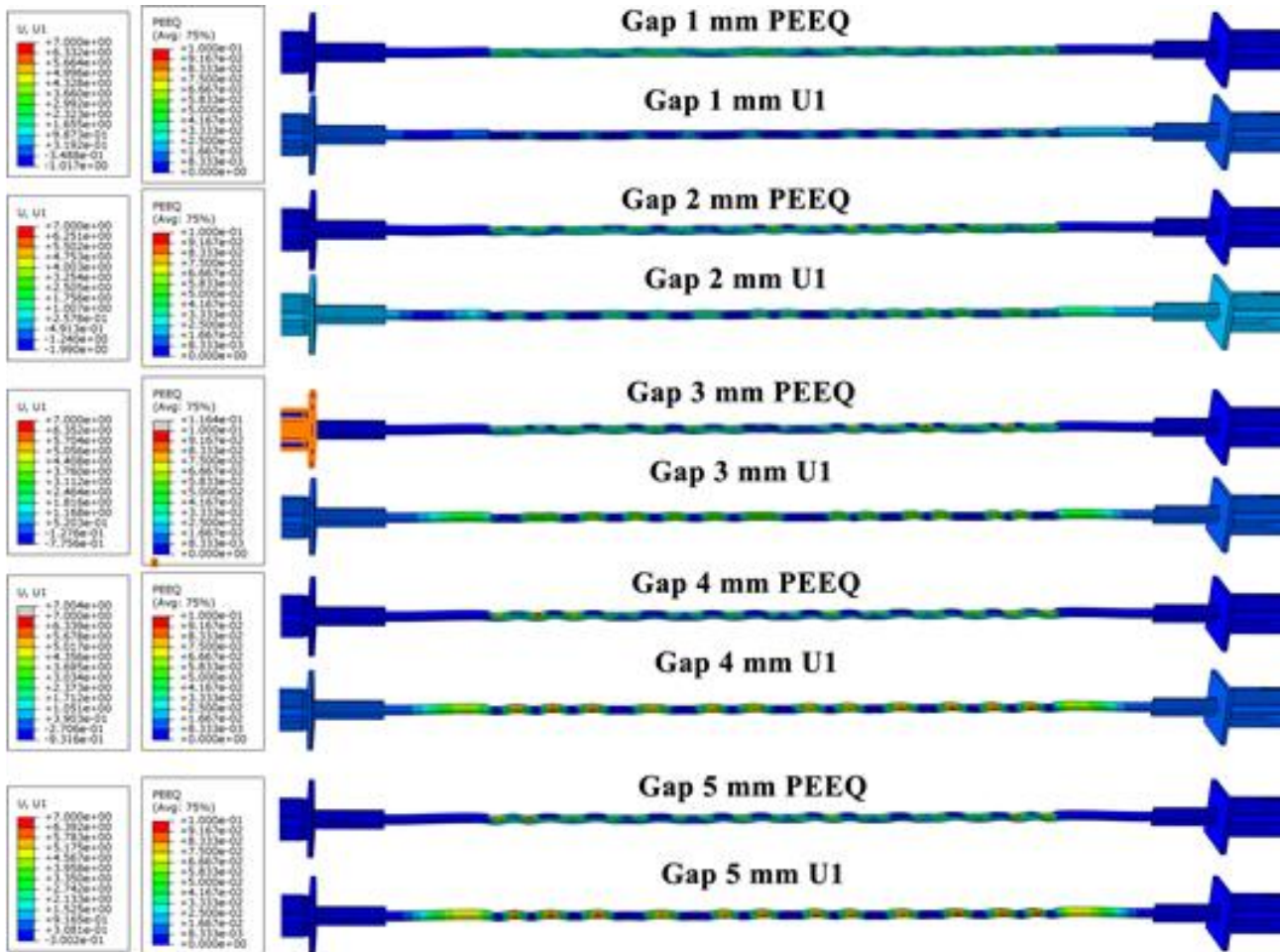


Figure 8. PEEQ and U1

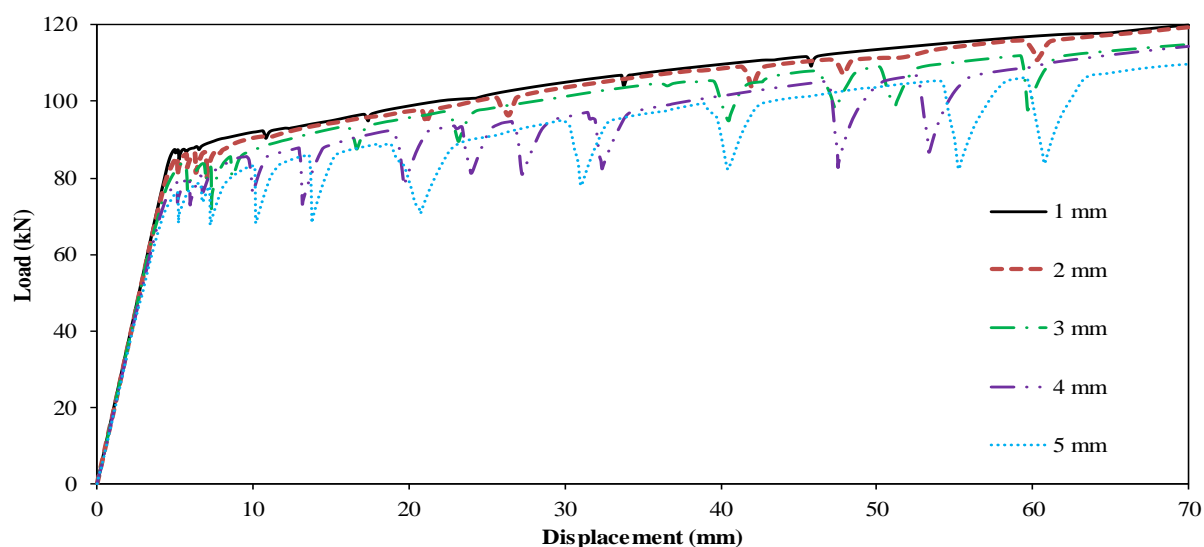


Figure 9. Comparison of load-displacement curve

## CONCLUSION

The gap between the steel core and encasing is one of the parameters that affect the behavior of buckling restrained braces. In this study, different gap sizes were investigated using finite element software, Abaqus. The results are presented in terms of displacement, strain and load. The results revealed that increasing gap size leads to a decrease in loading. Moreover, the fluctuations are more pronounced in the models with a higher gap size. Therefore, it is recommended to use the minimum gap size as possible. However, one should be careful to avoid any load transfer between the encasing and steel core.

## REFERENCES

- Aksoylu, C., Özkılıç, Y. O., & Arslan, M. H. (2020). Damages on prefabricated concrete dapped-end purlins due to snow loads and a novel reinforcement detail. *Engineering Structures*, 225, 111225.
- Bozkurt M. and Topkaya C. (2016). Development of welded overlap core steel encased buckling-restrained braces. *Journal of Constructional Steel Research*, 127: 151-164
- Bozkurt, M. B., Özkılıç, Y. O., & Topkaya, C. (2018). Investigation on Connection Details for Welded Overlap Core Steel Encased Buckling Restrained Braces. 13th International Congress on Advances in Civil Engineering, İzmir, Turkey
- Dehghani M. and Tremblay R. (2017). Design and full-scale experimental evaluation of a seismically endurant steel buckling-restrained brace system. *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 47-1: 105-129.
- Dusicka P., Tinker J. (2013). Global restraint in ultra-lightweight buckling-restrained braces. *Journal of Composites for Construction*, 17: 139-150.
- Engelhardt, M.D. (2007). Design of seismic-resistant steel building structures: buckling restrained braced frames. University of at Austin with the support of the American Institute of Steel Construction (AISC).
- Guo, Y. L., Tong, J. Z., Wang, X. A., & Zhou, P. (2018). Subassembly tests and design of steel channels assembled buckling-restrained braces. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 16(9), 4191-4224.
- Madenci, E., Özkılıç, Y. O., & Gemi, L. (2020). Experimental and theoretical investigation on flexure performance of pultruded GFRP composite beams with damage analyses. *Composite Structures*, 112162.
- Özkılıç, Y. O. (2020). A new replaceable fuse for moment resisting frames: Replaceable bolted reduced beam section connections. *Steel and Composite Structures*, 35(3), 353-370.
- Özkılıç, Y. O., Bozkurt, M. B., & Topkaya, C. (2018). Evaluation of seismic response factors for BRBFs using FEMA P695 methodology. *Journal of Constructional Steel Research*, 151, 41-57.
- Wang, J., Li, B., Chou, C., & Chen, L. (2018). Cyclic experimental and analytical studies of buckling-restrained braces with various gusset connections. *Engineering Structures*, 163, 38-50.

## Radioactive wastes and disposal

Sevil Akçağlar (ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-5386-186>)

Dokuz Eylul University, Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering, İzmir, Turkey

Corresponding author e-mail: [sevil.akcaglar@deu.edu.tr](mailto:sevil.akcaglar@deu.edu.tr)

### Abstract

Although they are tiny, atoms have a large amount of energy holding their nuclei together. Certain isotopes of some elements can be split and will release part of their energy as heat. This splitting is called fission. The heat released in fission can be used to help generate electricity in power plants, and it's a chain reaction. A self-sustaining chain reaction creates a great deal of heat, which can be used to help generate electricity. But the resulting radioactive waste is a very important problem. Radioactive waste is produced at all stages of the nuclear fuel cycle—the process of producing electricity from nuclear materials. The fuel cycle involves the mining and milling of uranium ore, its processing and fabrication into nuclear fuel, its use in the reactor, its reprocessing, the treatment of the used fuel taken from the reactor, and finally, disposal of the waste. Nuclear energy is the only large-scale energy-generating technology that takes full responsibility for all its waste and fully appropriates it to the product. The most important factor in the processing and transportation of waste is the radioactivity level of the waste. This article includes the generation of nuclear wastes, the varieties and the importance of the methods to be followed in their destruction.

**Keywords:** Disposal, radioactive waste, nuclear energy.

### Introduction

Radioactive wastes occur physically or chemically in various application areas such as research, industry, medicine and cause radioactive pollution. As a result of the breakdown of atomic nuclei, a great deal of energy is released. Nuclear energy is the high energy obtained as a result of fission and fusion reactions. If the radioactive wastes formed as a result of these nuclear reactions are not isolated, they cause pollution of air, water and soil, in short, nature (Ferguson, 2012).

There are three types of radioactive waste, classified according to their radioactivity: low-level waste (LLW), intermediate-level waste (ILW) and high-level waste (HLW).

Every radionuclide has a half-life – the time taken for half of its atoms to decay, and thus for it to lose half of its radioactivity.

Eventually all radioactive waste turns into non-radioactive elements. The more radioactive an isotope is, the faster it decays.

Radioactive waste includes any material that is either intrinsically radioactive, or has been contaminated by radioactivity. Governments decide whether materials such as spent nuclear fuel and uranium plutonium should be treated as waste (Brunnengräber, 2015).

In order to protect the environment from radioactive wastes, they need to be stored for a very long time.

### Material and method

Nuclear waste is the most important problem in obtaining nuclear energy. In today's technology, a very low percentage of uranium used as fuel can be used beneficially. This reduces energy efficiency as well as converts to a heavier set of elements than uranium, where part of the uranium is translated as actinides.

Actinides constitute the most dangerous constituents of nuclear waste because the various isotopes of these elements retain their radioactivity for millions of years. This period goes far beyond the guaranteed retention period, which can be expressed in a few hundred years at most with current technologies. Therefore,



radioactive wastes are temporarily stored instead of permanent storage until a technological solution is found (Saidian, 1998)

Although they can be reprocessed and used as fuel, this process is costly and risky. However, the possible terrorist acts and the pollution that can be created by the temporary storage of waste in case of war are worrisome. Another risk caused by these wastes is the possibility of separating the plutonium they contain for use in nuclear weapons production.

Radioactive waste is produced at all stages of the nuclear fuel cycle. The fuel cycle involves the mining and milling of uranium ore, its processing and fabrication into nuclear fuel, its use in the reactor, its reprocessing, the treatment of the used fuel taken from the reactor, and finally, disposal of the waste. Where the used fuel is reprocessed, the amount of waste is reduced materially.

In addition to the routine waste from nuclear power generation there is other radioactive waste referred to as 'legacy waste'. This waste exists in several countries that pioneered nuclear power and especially where power programs were developed out of military programs.

Fifty years after the first use of nuclear energy for electricity generation, today it is still debated how to store radioactive waste. There is still no worldwide warehouse for highly radioactive waste from nuclear power plants (IAEA, 1978).

While all this was happening, the nuclear industry was already disposing of its waste by throwing it into the sea, and it buried some of the waste close to the ground surface. Over time, highly radioactive waste began to be stored in warehouses in hopes of finding a solution in the future.

Radioactive wastes should be stored for different periods depending on the half-life and other properties of the radionuclides in them.

In facilities built for long-term storage of radioactive wastes, radioactive wastes are first concentrated and then stored in closed environments such as concrete, asphalt and glass, which are defined as matrix. Storage facilities for radioactive wastes can be grouped roughly in two groups; close surface storage facilities and deep storage facilities (TAEK, 2017).

Spent fuel is still highly radioactive after use, but accounts for only three percent of the worldwide nuclear waste volume. Any used fuel will still contain some of the U-238 and the various isotopes of plutonium formed within the reactor core as well as the original U-235.

In total, these make up about 96% of the original uranium and more than half of the original energy content. Spent nuclear fuel has been reprocessed for a long time to remove fissile materials for recycling and reduce the HLW volume. Reprocessing allows significant amount of plutonium to be recovered from spent fuel. This process allows about 25-30% more energy to be extracted from the original uranium ore and reduces the HLW volume by 85%.

Russia, China and Japan, as well as some European countries, have policies for reprocessing spent nuclear fuel.

Conditioning is undertaken to change waste into a form that is suitable for safe handling, transportation, storage, and disposal. This step typically involves the immobilisation of waste in containers (Saidian, 1998).

Storage involves maintaining the waste in a manner such that it is retrievable, whilst ensuring it is isolated from the external environment. Storage facilities are commonly onsite at the power plant, but may be also be separate from the facility where it was produced.

Interim storage of used fuel is mostly in ponds associated with individual reactors, or in a common pool at multi-reactor sites, or occasionally at a central site (Ojovan, 2011).

The disposal of waste occurs in the case of HLW when the radioactivity drops to low levels after about 40-50 years.

Some fuel that has cooled in ponds for at least five years is stored in dry casks or vaults with air circulation inside concrete shielding. These are commonly standing on the surface, about 6m high, and cooled by air convection, or they may be below grade, with just the tops showing (IAEA, 1978).

### Result and discussion

When radioactive waste materials enter the soil, they pass to all plants growing in the soil. Causes genetic mutation and negatively affects the normal growth of plants. As a result, some plants die and some produce weak and bad seeds. Eating parts of a contaminated plant, especially its fruit, creates serious health problems.

Since plants are in the lowest layer in the "chain", contamination of plants naturally causes radioactive contamination in the whole food web. Likewise, radioactive waste poisons all aquaculture products if it comes into contact with a water source.

Radioactive contamination on land and water can lead to the rapid extinction of the human race. The human race is at the top of the food chain.

Since the radioactive wastes accumulated in the plants will be too much, people will suffer the greatest damage. Studies show that the risk of many types of cancer such as leukemia is very high for those living near nuclear power plants. Workers in the nuclear industry have also been found to have a higher risk of death from cancer. The magnitude of adverse effects varies according to the duration and level of exposure to radioactive wastes (Pix, 2008; Baker, 2007).

Nuclear power is the only large-scale energy-producing technology that takes full responsibility for all its waste and fully costs this into the product. Financial provisions are made for managing all kinds of civilian radioactive waste. The cost of managing and disposing of nuclear power plant waste typically represents about 5% of the total cost of the electricity generated.

Although nuclear energy is regarded as one of the prominent sources of energy with a huge potential, the resultant nuclear waste generated can pose a significant risk to the environment if not handled properly. Additional initial investment costs are high. A large part of the technological infrastructure of the facility has to be imported. Public opinion reaction may occur (Lazard, 2015).

If we examine the advantages of nuclear energy:

According to the US Energy Information Administration nuclear energy has by far the highest capacity factor of any other energy source (Figure 1) (US EIA 2020).

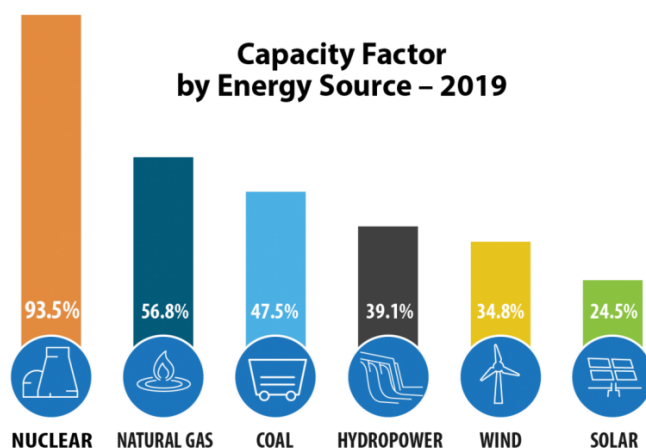


Figure 1 Capacity factor by energy source

Also, the payback period is shorter than other power plant types. The amount of waste produced by the nuclear power industry is small relative to both other forms of electricity generation and general industrial activity.

An active reactor whose installation has been completed can work actively for at least 40 years. There is no greenhouse gas emission. It is a clean energy type. In other words, perhaps the biggest advantage of nuclear energy over alternatives is environmental aspects, especially in the prevention of atmospheric carbon dioxide emissions. Considering the indirect emissions in the life cycle of the power plant in addition to the direct emissions from combustion, the amount of emission from nuclear energy production is 1-2% of the emission rate from coal power plants. This ratio makes nuclear energy an energy source with lower carbon emissions even than sustainable, environmentally friendly energy sources such as solar and wind energy (World Nuc. Assoc., 2012).

The amount of waste produced by the nuclear power industry is small relative to both other forms of electricity generation and general industrial activity.

### **Conclusion**

Currently, there are no long-term storage solutions for radioactive waste, storage areas are running out, and most of them are stored in temporary, above-ground facilities. therefore, the nuclear industry is turning to other more costly and potentially less secure forms of storage (USNRC, 2016).

All hazardous waste requires careful management and safe disposal, not just radioactive waste. Therefore, even countries without the most important real nuclear power plants have to manage radioactive waste. Even if these are activities not related to nuclear energy production, university research activities, radioactive materials used in nuclear medicine in hospitals, radiography resources, etc.

### **References**

- Baker PJ, Hoel DG. "Meta-analysis of standardized incidence and mortality rates of childhood leukemia in proximity to nuclear facilities." *European Journal of Cancer Care* 16.4 (2007):355–363
- Brunnengräber A, Di Nucci MR, Losada AMI, Mez L 2015. Nuclear waste governance: An international comparison
- Ferguson, Charles D., and Frank A. Settle. "The Future of Nuclear Power in the United States." *Federation of American Scientists* (2012)
- IAEA JE Mendel - 1978 Storage and disposal of radioactive waste as glass in canisters- [inis.iaea.org](http://inis.iaea.org). Lazard, 2015. Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis - Version 9.0." [Lazard.com](http://Lazard.com).
- Ojovan MI - 2011 Handbook of advanced radioactive waste conditioning technologies - [books.google.com](http://books.google.com)
- Pix C, Schmiedel S, Kaatsch P, Schulze-Rath R, Blettner M. 2008. "Case-control study on childhood cancer in the vicinity of nuclear power plants in Germany 1980–2003." *European Journal of Cancer* 44.2: 275–284
- Radioactive waste storage and disposal receptacle D Saidian - US Patent 5,734,169, 1998 - [Google Patents](http://Google Patents)
- Saidian D, 1998. Radioactive waste storage and disposal receptacle - US Patent 734,169, [Google Patents](http://Google Patents)
- TAEK (2017) Nükleer Enerji ve Reaktörler Nükleer Atıklar U.S. Energy Information Administration April 22, 2020
- United States Nuclear Regulatory Commission. "Dry Cask Storage". USNRC (2016)
- World Nuclear Association, <http://world-nuclear.org/education/comparativeco2.html>, (30.01.2012)

## Nuclear energy in the world

Sevil Akçağlar (ORCID:<https://orcid.org/0000-0002-5386-186>)

Dokuz Eylul University, Engineering Faculty, Department of Mechanical Engineering, İzmir, Turkey

sevil.akcaglar@deu.edu.tr

### Abstract

The world will need significantly increased energy supply in the future, especially cleanly-generated electricity. The important problem of the age is where this electricity need will be met. Because when searching for a solution to this problem, the benefit should be more and the damage caused by the applied method should be less. If we examine nuclear energy, the heat released in fission can be used to help generate electricity in power plants. So nuclear power plants generate electricity like any other steam-electric power plant. Water is heated, and steam from the boiling water turns turbines and generates electricity. Nuclear power is characterized by an enormous amount of energy generated from very little fuel, and the amount of waste generated during this process is also relatively small. However, most of the waste produced is radioactive and therefore hazardous material. The waste generated by nuclear reactors remains radioactive for tens to hundreds of thousands of years as nuclear fuel and technologies become globally available. The use of nuclear energy has also negative effects on human life such as causing irreversible damage to living things or increasing the risk of death from cancer day by day. On the other hand nuclear fuel and technologies become globally available, the risk of these falling into the wrong hands is increasingly present. Therefore, the advantages and disadvantages of nuclear energy for humanity is the scope of this article.

**Keywords:** nuclear reactor, nuclear energy, nuclear wastes.

### Introduction

Due to the increasing energy need with the increasing world population in recent years, people started to look for ways to produce lots of energy in a short time. For this reason, nuclear energy is constantly in an effort to be developed and applied. Why nuclear energy is instantly preferred as to benefit from other energies? Because, there are lots of advantages that nuclear power can provide. Nuclear fission is the process that is used in nuclear reactors to produce high amount of energy using element called uranium. The nuclear power plant transforms it into electricity by using radioactive materials for fuel needs of nuclear reactors. It was discovered in 1939 that energy is released when the atom is split. In 1951, nuclear energy was used for the first time in the USA and the first electricity was produced. The oil crisis of the early 1970s increased the demand for nuclear power plants. therefore, there has triggered the installation and reproduction of these plants (IAEA, 2013).

However, factors such as the decrease in fossil fuel prices, the high initial investment cost and the impact of nuclear accidents slowed down the development of nuclear energy in the 1990s. Despite many negatives, in the following years, the number of nuclear reactors has increased day by day. According to the data of the International Atomic Energy Agency (IAEA), which operates within the United Nations, dated 2019, the number of active nuclear reactors is 457 in the world. The USA is the leader in the number of active nuclear reactors with 99 reactors. The number of active nuclear reactors in France, which ranks second, is 58. The number of active nuclear reactors of the People's Republic of China, which is in the third place, is 46. 37 in the Russian Federation; 24 in South Korea; 22 in India; 19 in Canada; There are 15 active nuclear reactors in Ukraine and 15 in the UK. (IAEA, 2019).

In Turkey construction completed or no operational nuclear power plant yet. but Akkuyu Nuclear Power Plant was founded in Mersin in 2018.

Nuclear power plant, in short, is the conversion of nuclear reactors into electricity by using radioactive materials for fuel needs. Today, many countries meet their energy from nuclear power plants. The nuclear power plant aims to extract energy by breaking down uranium as a raw material.

High level protective measures are taken for nuclear power plants using uranium, which is very dangerous compared to standard power plants. There are three types of nuclear power plants in total and these are; pressurized heavy water, boiling water and finally pressurized water reactor.

### **Material and Methods:**

To understand how nuclear energy is obtained, fission and fusion the incident must be reviewed briefly. As a result of the bombardment of heavy atom nuclei with neutrons, these nuclei are broken down. Because a great deal of energy comes out as a result of the breakdown of atomic nuclei. This reaction is called "fission". Fission products, energy and 2-3 neutrons are released as a result of each decomposition reaction.

In a properly designed system, the continuity of the fragmentation reaction can be provided by chain reactions by using neutrons released as a result of the reaction.

The fusion reactions of light atom nuclei also cause a great amount of energy to be released. This coupling reaction is called "fusion". Fusion reaction can be achieved by collision of atom nuclei that reach high energy at very high temperature. For this reason, systems with very high temperatures are used.

The energy obtained by fission and fusion reactions is called "nuclear energy" or "nuclear energy". Today, many countries meet their energy from nuclear power plants. The nuclear power plant aims to extract energy by breaking down uranium as a raw material. High-level protective measures are taken for nuclear power plants using uranium, which is very dangerous compared to standard plants.

The operating system of nuclear power plants, whose basic raw material is uranium, is completely based on fission reactions. The element uranium provides electricity generation by taking advantage of the energy generated by the fission reaction. The energy generated by the fission process of uranium increases the water vapor to very high degrees and sends the steam generated to the turbines of electric generators. The outgoing steam generates electricity by moving the shaft of the turbines. If we examine this electricity generation in more detail, in terms of radioactivity, the main source from the use of nuclear reactors to generate electricity comes from the material classified as HLW. It produces highly radioactive fission products and transuranic elements from uranium and plutonium during reactor operations and is contained in the fuel used.

Where countries adopt a closed loop and reprocess spent fuel, fission products and small actinides are separated from uranium and plutonium and treated as HLW (high-level waste). In countries where spent fuel is not reprocessed, spent fuel itself is considered a waste and is therefore classified as HLW. Accordingly, three different levels of radioactive waste emerge from nuclear facilities: low, medium and high. LLW (low-level waste) and ILW (intermediate-level waste) are produced as a result of common processes such as cleaning of reactor cooling systems and fuel storage pools and decontamination of equipment, filters and metal components that become radioactive by use in or near them (Saidian, 1998).

Such wastes, which become normal industrial wastes, are kept for months and their radioactivity decreases to the appropriate level to be treated as industrial waste. Nuclear power plants use about one hundred thousandth of the fuel used by a coal power plant of the same power. The average high level waste amount coming out of a 1000 MWe reactor is around 25-30 tons per year and its volume is 2.5-3 cubic meters. The majority of high-level wastes are radioactive fuel materials contained in spent fuels.

Only 2-4 percent of the uranium in the used fuel is burned. The remaining fuel material is a recyclable material. However, whether or not countries recycle the fuel material in question varies from country to country.

There are three types of nuclear power plants in total and these are; pressurized heavy water, boiling water and finally pressurized water reactor.

### **Result and Discussion**

There are many opinions on the advantages and disadvantages of nuclear power plants and the energy produced in these plants. Accordingly, there are universal differences of opinion. Let's examine these views and data.

Nuclear power plants are being built with very high safety precautions, but despite this, many nuclear power plant accidents have occurred. The explosions in these accidents were not in the form of an atomic bomb explosion as thought. Because the fuel used for uranium reactors in nuclear power plants is not rich enough.

Most of the reactors used in nuclear power plants require constant temperature control to prevent nuclear melting. In the event of a nuclear meltdown, a nuclear accident may occur and the radiation emitted as a result of the accident can make the area uninhabitable. Nuclear power plants should also be protected from activities such as nuclear material theft, military attack, plane crash or hijacking (Tsuda, 2016).

Opinions of investors on the cost of nuclear power are quite different from each other. Initial capital costs, fuel and maintenance costs are much higher for nuclear power plants than wind and solar. Also, there are always some risks in nuclear projects such as cost overruns and construction delays

As seen in the graph, the costs of energy resources such as geothermal, hydroelectric, natural gas are lower than nuclear power plants (Figure 1)(Lazard, 2015).

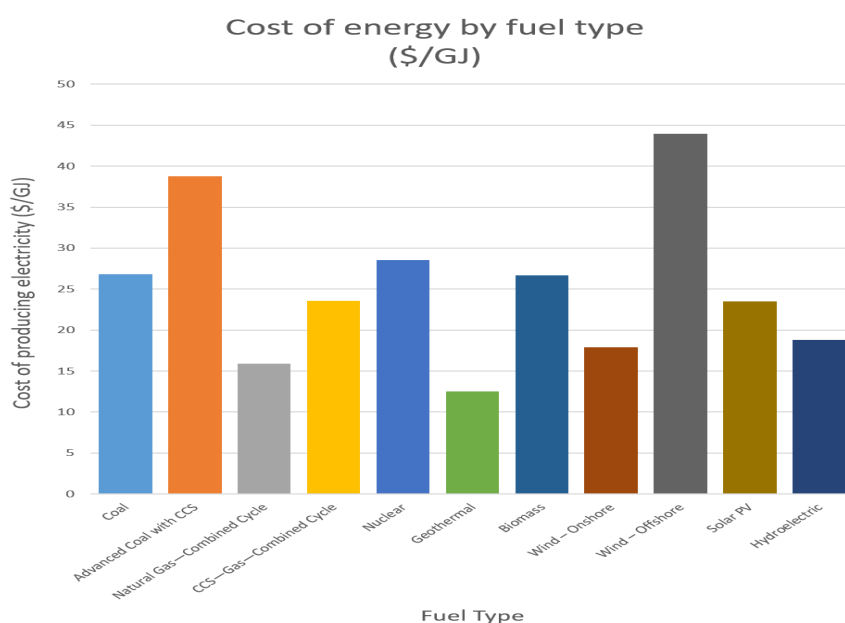


Figure 1 Cost of energy by fuel type

On the other hand, although nuclear costs seem to be increasing, unlike renewable energies, which are the cheapest energy sources today, many research articles show us that one kilogram of natural uranium produces about 20000 times the same amount of coal.

So uranium requires less raw materials than other sources. For example, 28 grams of uranium produces as much energy as 100 metric tons of coal. Not only that shipping coal is as costly for investors as procuring it. Total shipping costs for uranium are quite low (World Nuc. Inds. 2014).

Opponents of nuclear energy draw attention to the harmful effects of nuclear energy on people and the environment and argue that the cost of nuclear power does not justify its benefits. Factors such as uranium mining, processing and transportation to produce nuclear energy, the proliferation of nuclear weapons and the possibility of storing, and the failure to resolve the problem of radioactive nuclear waste and the discharge of hot water used in power plants into the sea are also the criteria that anti-nuclear energy opponents emphasize. The most important of all the negative aspects we have mentioned is undoubtedly the possibility of a possible explosion. Some critics think that no matter how much progress is made in nuclear power plants, accidents are inevitable.

It has been observed that individuals living close to nuclear sources have an increased risk of cancer leukemia due to radioactivity. In addition, many workers died following the 1986 Chernobyl disaster in Ukraine, and

Russia has been treated for various adverse health effects (fallout from nuclear disasters) on thousands of people in Eastern Europe (Schmitz-Feuerhake et al, 1997).

Therefore, the establishment of nuclear power plants close to settlements and some negative effects on human health are still a matter of debate. Additionally, radioactive pollution occurs as a result of the disposal of radioactive wastes, which are generated by human hand or naturally, as a result of nuclear reactions, to places close to the environment and settlements. Pollution caused by radioactive waste is very dangerous for alive (Ferguson, 2012).

One of the biggest problems in the establishment of nuclear power plants is the lack of space. With the nuclear power plant, it needs an additional area to be protected from disasters such as drought, flood, hurricane, earthquake or a nuclear accident. Nuclear power plants must also be placed near a water source for cooling (Hore-Lacy, 2010).

Nuclear power plants are used more often because they require less maintenance and are designed to run longer before refueling. For example, while nuclear power plants require maintenance every 2 years, natural gas and coal capacity factors are generally lower due to routine maintenance or refueling in these facilities.

An important problem in renewable power plants is that they have variable and intermittent resources. They constantly need fuel like wind, sun or water. As a result, there is a need for a large storage area, ie a power supply, in such power plants. Or it is necessary to provide a basic charge power, such as nuclear power.

The table shows 2019 electricity generation by energy source in the United States. Accordingly, approximately 63 % of this electricity generation was made from fossil fuels-coal, natural gas, oil and other sources. Approximately 20% was obtained from nuclear energy and approximately 18% from renewable energy sources.

In general, when we looking at the results, it may seem like a twenty percent low rate. However when we compare the energy performance and the CO<sub>2</sub> emission per unit power (kgCO<sub>2</sub>/GJ), it is an indication that nuclear energy is a more advantageous source.

Many nuclear energy advocates say nuclear energy is a resource that reduces carbon emissions and improves energy security. For this reason, nuclear energy does not create air pollution. Some people also define nuclear energy as a force that eliminates energy dependence on other countries.

## Conclusion

As a result, significant capital is needed to invest and develop nuclear energy. This causes poor countries to become dependent on foreign countries in the long term. It is inevitable that countries that do not have financial resources become dependent on technologically developed countries.

Besides financial problems, countries with no experience in building and maintaining nuclear power plants are quite inexperienced. Countries with a history of nuclear energy use have learned the importance of regulation, surveillance and investment for safety when it comes to nuclear power.

## References

- Ferguson, Charles D., and Frank A. Settle, 2012. "The Future of Nuclear Power in the United IAEA 2019. IAEA Photonuclear Data Library 2019
- Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis - Version 9.0." *Lazard.com*. Lazard. 2015. Nuclear Energy in the 21st Century: World Nuclear University Press I Hore-Lacy - 2010 - books.google.com
- Saidian, D, 1998. Radioactive waste storage and disposal receptacle- US Patent 5,734,169, - Google Patents
- Schmitz-Feuerhake I, Dannheim B, Heimers A, et al., 1997. Leukemia in the proximity of a boiling-water nuclear reactor: Evidence of population exposure by chromosome studies and environmental radioactivity. *Environmental Health Perspectives* 105: 1499-1504
- World Nuclear Industry Status Report 2014." *World Nuclear Industry Status Report*. World Nuclear industry, July 2014. Web. 4 Oct. 2016.
- Tsuda, Toshihide, Akiko Tokinobu, Eiji Yamamoto, and Etsuji Suzuki, 2016: "Thyroid Cancer Detection by Ultrasound Among Residents Ages 18 Years and Younger in Fukushima, Japan." *Epidemiology* 316-22.

## Inhibitory effect of tarragon usage on the formation of heterocyclic aromatic amines in meatball preparation

Revsan Bulan (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5991-2272>), Eyad Aoudeh (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0097-8450>), Fatih Öz\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5300-7519>),

Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Food Engineering, 25240, Erzurum, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: fatihoz@atauni.edu.tr

### Abstract

Heterocyclic aromatic amines are carcinogenic and/or mutagenic compounds formed during cooking of proteinaceous foods such as beef, chicken, and fish. Therefore, it is needed to reduce their amounts in cooked meat. Due to oxidative reactions known to affect the formation of heterocyclic aromatic amines, the use of synthetic antioxidants and spices with antioxidant properties and some food ingredients in the preparation, production, and marination of meat and meat products are noteworthy. On the other hand, in some developed countries, the use of synthetic antioxidants has been already banned. Therefore, natural spices receive great attention.

Herein, the effect of using tarragon on the formation of heterocyclic aromatic amines in meatball preparation was investigated. For this aim, 0,5% (w/w) of tarragon was added to the meatballs and the meatballs were cooked at 250°C on a hot plate. From the nine heterocyclic aromatic amines studied in the present study, only MeIQ (0,06 ng.g<sup>-1</sup>) was determined in the control group meatballs without tarragon. On the other hand, the use of tarragon at the level of 0,5% completely inhibited the formation of MeIQ in the meatballs. In addition, the other heterocyclic aromatic amines could also not be detected in the meatballs with tarragon. As a result, it could be recommended to use 0,5% tarragon in meatball production due to the fact that it completely inhibits the formation of heterocyclic aromatic amines in meatball cooked at 250°C.

**Keywords:** Meatball; heterocyclic aromatic amine; tarragon; inhibitory effect

### INTRODUCTION

Studies have proven that certain food toxicants are formed as a result of cooking of proteinaceous foods, especially red meat, chicken and fish. Heterocyclic aromatic amines (HAAs) are formed during the Maillard reaction from creatinine, carbohydrates and amino acids. Several HAAs have been shown to be carcinogenic in long-term animal studies. Epidemiological studies have revealed that the daily diet can be responsible for development of many types of human cancer (Gibis et al., 2012). It has been stated that HAAs are 2000 times more mutagenic than benzo[a]pyrene and 100 times more mutagenic than aflatoxin B1 (Skog, 2002; Oz and Kaya 2011a). Therefore, the presence of HAAs in foods should be prevented or reduced.

Tarragon is a durable, perennial shrub species belonging to the *Asteraceae* family. Due to its pleasant fragrance and unique mint-anise mixture aroma the fresh or dried leaves of Tarragon are widely used as spices in the best cuisines of the world. In 100 g tarragon, there are 295 kcal energy, 7,7 g of water, 22,8 g of protein, 3,2 g of fat, 50,2 g of carbohydrate, 7,4 g of fiber, 12 g of ash, 1139 mg of Ca, 32 mg of Fe, 347 mg, 313 mg P, 3020 mg K, 62 mg Na, 4 mg Zn, 9 mg niacin, 1 mg riboflavin, 4200 IU vitamin A (Akgül 1993). Tarragon, which is used as an appetizer and digestive agent and as relieving intestinal gases in anti-rheumatic cures, can also be used to improve the blood circulation and give the body vitality, regulate the functioning of the stomach, and relieve toothache. In addition, tarragon is also used in food storage due to its antioxidant and antifungal properties (Anonymous 2009).

Many studies have documented the successful use of natural antioxidants in reducing the formation of HAAs in meat and meat products due to its ability to interfere in different stages of the HAAs' formation reactions (Vitaglione et al. 2004; Murkovic 2004). Therefore, food rich in natural antioxidants such as plants or spices have received great attention. Although there have been many studies in the literature showing the effects of various spices on the HAA formation in meatballs, including our studies, there is no study investigating the effect of tarragon usage on the HAA formation in meatball production. For this reason, the current study was planned and conducted to determine the effect of tarragon usage at the level of 0,5% (w/w) in meatball preparation on the HAA formation in meatballs cooked at 250°C.



## **MATERIALS AND METHODS**

### **Material**

Beef *Gluteus medius* muscle and intermuscular fat from the same carcass were obtained from the Meat Combine of Erzurum Meat and Milk Institute (Erzurum, Turkey). The meat and fat were conveyed to the laboratory under the cold chain and removed from the visible fat and connective tissues and then grounded. Tarragon was obtained from a local spice seller in Erzurum.

### **The preparation of the meatball**

After adjusting the fat content of the meatballs to 15% fat with the intermuscular fat, the meatball dough was divided into two groups. Tarragon was not added to the first group and this group was selected as the control group. To the other group 0,5% of tarragon was added. All of the meatball groups were kept in the refrigerator for 12 hours after being thoroughly mixed. After the meatball dough was shaped by a metal shaping device (7x1 cm), the meatballs were cooked on a hot plate. To avoid any interaction, no salt, spice or additives were added in the meatball dough.

### **Heterocyclic aromatic amine standards**

All of the HAA standards including internal standard, 4,7,8-TriMeIQx, analyzed in the present study were purchased from Toronto. Stock standard solutions were prepared according to Ekiz and Oz (2019).

### **Cooking process**

For the cooking process, a hot plate was used and neither fat nor oil was used in the cooking process. The meatballs were cooked on a hot plate preheated to 250°C for 8 (4+4) min and the hot plate temperature was measured with the laboratory type thermometer (Testo, Lenzkirch, Germany).

### **Heterocyclic aromatic amine analysis**

The HAA extraction of the cooked meatballs was done according to Ekiz and Oz (2019). Briefly, 1 g of meatball sample and 12 ml of NaOH (1 M) were stirred for 1 h in a beaker. After adding 13 g of Extrelut NT packaging material, extraction process was started on Oasis MCX cartridge and ethyl acetate, hydrochloric acid, and methanol were used for the extraction. Then, the eluate was taken up with 2 ml of a 95:5 (v/v) methanol:NH<sub>3</sub> mixture. The extract was stored at -18°C until the HPLC analysis. One day before the HPLC analysis, it was kept in a 45°C oven for overnight to remove the methanol and ammonia solutions, then 100 µl methanol with IS was added and analyzed in the HPLC-DAD (HPLC, Thermo Ultimate 3000, Thermo Scientific, USA) system. HPLC conditions are follow; column: Acclaim<sup>TM</sup> 120 C18 (3 µm, 4,6 x 150 mm, Tosoh Bioscience GmbH, Stuttgart, Germany), flow rate: 0,7 ml, column temperature: 35°C, solvent A: methanol/acetonitrile/water/glacial acetic acid (8/14/76/2), adjusted to pH 5,0 with 25% ammonium hydroxide, solvent B: acetonitrile (100%) and injection volume was 10 µl (Ekiz and Oz, 2019).

## **RESULTS AND DISCUSSION**

### **Recoveries**

In the present study, the recoveries of HAAs were determined using the standard addition method. Limit of detection (LOD = 3) and limit of quantification (LOQ = 10) values were determined according to Signal/Noise (S/N) ratios of the HAA standards at certain concentrations. The recoveries, LOD and LOQ values of HAAs are given in Table 1. The calculated values were found to be similar to the data in the literature (Felton et al. 1994; Knize et al. 1994).

**Table 1.** Recoveries, limit of detection (LOD) and limit of quantification (LOQ) values of the heterocyclic aromatic amines

HAA	Recovery (%)	LOD (ng g <sup>-1</sup> )	LOQ (ng g <sup>-1</sup> )
IQx	61,08	0,004	0,013
IQ	36,21	0,009	0,029
MeIQx	62,45	0,024	0,081
MeIQ	28,94	0,014	0,047
7,8-DiMeIQx	58,24	0,005	0,018
4,8-DiMeIQx	59,29	0,008	0,025
PhIP	82,15	0,025	0,085
AαC	63,17	0,012	0,039
MeAαC	46,52	0,010	0,035

### Heterocyclic aromatic amine contents

The HAA results are given in Table 2. As can be seen from the table, only MeIQ (up to 0,06 ng/g) from nine HAA analyzed in the present study was determined in the control group cooked meatballs. On the other hand, the total HAA content in the meatballs with tarragon was below the LOD values.

**Table 2.** Individual and total HAA contents of the meatballs cooked at 250°C (ng g<sup>-1</sup>)

Meatballs	IQx	IQ	MeIQx	MeIQ	7,8-DiMeIQx	4,8-DiMeIQx	PhIP	AαC	MeAαC	Total HAAs
Control	nd	nd	nd	0,06	nd	nd	nd	nd	nd	0,06
0,5% of Tarragon	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd	nd

IQx could not be detected in the control group meatballs and meatballs with 0,5% tarragon. Similarly, Pais *et al.* (1999), Quelhas *et al.* (2010) and Puangsombat *et al.* (2011) reported that they could not detect IQx in their beef and meatball samples fried at degrees up to 275°C for up to 30 min. On the other hand, Oz *et al.* (2016) determined IQx as 0,02 ng/g and 0,12 ng/g in control group meatballs cooked at 200°C and 250°C for 9 min, respectively.

IQ could not be detected in any of the samples analyzed. Similarly, Tikkanen *et al.* (1993), Fay *et al.* (1997), Shin *et al.* (2003), Puangsombat *et al.* (2011) and Korkmaz and Oz (2020) declared that they could not detect IQ in their beef and meatball samples grilled or fried at degrees up to 250°C. On the other side, IQ was determined as 0,3 ng/g in fried beef at 275°C for 10 min by Turesky *et al.* (1988) and as 0,92 ng/g in grilled beef at 180°C for 10 min by Szterk (2015).

MeIQx could not be detected in any of the meatball samples analyzed. Indeed, Tikkanen *et al.* (1993), Oz *et al.* (2016), Oz and Çakmak (2016), Nuray and Oz (2019) and Korkmaz and Oz (2020) reported that they could not detect in their beef and meatball samples grilled or fried at degrees up to 250°C. On the other side, MeIQx was determined as 0,08 ng/g in grilled beef meatball at 250°C for 8 min by Korkmaz and Oz (2020) and as 0,09 ng/g in beef meatball cooked on hot plate at 250°C for 9 min by Oz *et al.* (2016).

MeIQ determined as 0,06 ng.g<sup>-1</sup> in control group cooked at 250°C but it could not be detected in meatballs with 0,5% tarragon cooked at the same temperature. Tikkanen *et al.* (1993), Fay *et al.* (1997), Pais *et al.* (1999), Shin *et al.* (2003), Busquets *et al.* (2004), Cheng *et al.* (2007), Puangsombat *et al.* (2011), Oz and Kaya (2011b) and Oz *et al.* (2017) reported that they could not detect MeIQ in their beef, meatball and hamburger samples grilled, ovened or fried at degrees up to 275°C. MeIQ was determined up to 2,99 ng/g in grilled beef at 180 – 280°C for 7 – 10 min by Szterk (2015).

7,8-DiMeIQx could not be detected in the present study. Similarly, Turesky *et al.* (1988), Gross (1990), Toribio *et al.* (2007), Quelhas *et al.* (2010), Szterk (2015) and Zeng *et al.* (2017) mentioned that they could not detect 7,8-DiMeIQx in their beef and meatball samples grilled or fried at degrees up to 275°C for up to 13 min.

4,8-DiMeIQx could not be detected in any of the samples analyzed. Similarly, Turesky *et al.* (1988), Tikkanen *et al.* (1993) and Gross *et al.* (1993) declared that they could not detect 4,8-DiMeIQx in their beef and meatball samples grilled or fried at degrees up to 275°C.

PhIP could not be detected in both meatball groups. Similarly, Tikkanen *et al.* (1993), Oz *et al.* (2016) and Nuray and Oz (2019) reported that they could not detect PhIP in their chop and meatball samples grilled or fried at degrees up to 200°C.

AαC could not be detected in the present study. Similarly, Gross *et al.* (1993), Felton *et al.* (1994), Fay *et al.* (1997), Oz and Çakmak (2016), Zeng *et al.* (2017) and Korkmaz and Oz (2020) reported that they could not detect AαC in their beef and meatball samples grilled, ovened or fried at degrees up to 270°C.

MeAαC could not be detected in the meatball samples of the present study. Similarly, Gross *et al.* (1993), Quelhas *et al.* (2010), Szterk (2015), Zeng *et al.* (2017) and Oz *et al.* (2017) mentioned that they could not detect MeAαC in their beef and meatball samples grilled, ovened or fried at degrees up to 280°C.

The results obtained in the present study show that the use of tarragon at the level of 0,5% in meatball production has an inhibitory effect on both individual HAA and total HAA content. Tarragon has an antioxidant effect due to its phenolic compounds and flavonoids (Chaleshtori *et al.* 2013; Bahbajani *et al.* 2017). The inhibitory effect of tarragon on HAAs is thought to be due to the antioxidant effect of the phenolic compounds and flavonoids of the tarragon; which may lead to a decrease in HAA content due to the fact that they sometimes interfere with the different stages of radical reactions that play an important role in the formation of HAAs (Akgül 1993). However, the present study revealed that the total HAA content of the meatballs was quite low compared to the data in the literature. These differences are thought to be caused by factors such as the type of meat used, animal feeding conditions, cooking conditions (temperature, duration, equipment, etc.), precursor substances etc. (Felton *et al.* 1997; Reistad *et al.* 1997; Pais *et al.* 1999; Keating and Bogen 2001; Oz *et al.* 2007).

## CONCLUSION

In conclusion, to the best of our knowledge, this is the first study to investigate the effect of tarragon usage in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. The use of 0,5% tarragon had both an inhibitory effect on the formation of HAAs. However, it could be recommended to use it in meatball production as it completely inhibits the HAA formation.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This research is a part of a larger study. It was supported by the Atatürk University Scientific Research Projects Unit with Project No: FYL-2019-6980. This financial support of Atatürk University is gratefully acknowledged.

## REFERENCES

- Akgül, A., 1993. Baharat Bilim ve Teknolojisi. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, Ankara.
- Anonymous, 2009. Available at: <http://www.superbherbs.net/Frenchtarragon.htm> [21.10.2009].
- Behbahani, B. A., Shahidi, F., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., Mohebbi, M., 2017. Antioxidant activity and antimicrobial effect of tarragon (*Artemisia dracunculus*) extract and chemical composition of its essential oil. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 847-863.
- Busquets, R., Bordas, M., Toribio, F., Puignou, L. And Galceran, M. T., 2004. Occurrence of heterocyclic amines in several home-cooked meat dishes of the Spanish diet. *Journal of Chromatography B*, 802(1), 79-86.
- Chaleshtori, R. S., Rokni, N., Razavilar, V. and Kopaei, M. R., 2013. The evaluation of the antibacterial and antioxidant activity of Tarragon (*Artemisia dracunculus* L.) essential oil and its chemical composition. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 6(9).
- Cheng, K. W., Wu, Q., Zheng, Z. P., Peng, X., Simon, J. E., Chen, F. and Wang, M., 2007. Inhibitory effect of fruit extracts on the formation of heterocyclic amines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(25), 10359-10365.
- Ekiz, E. and Oz, F., 2019. The effects of different frying oils on the formation of heterocyclic aromatic amines in meatballs and the changes in fatty acid compositions of meatballs and frying oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(4), 1509-1518.

- Fay, L. B., Ali, S. and Gross, G. A., 1997. Determination of heterocyclic aromatic amines in food products: automation of the sample preparation method prior to HPLC and HPLC-MS quantification. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1-2), 29-35.
- Felton, J. S., Fultz, E., Dolbeare, F. A. and Knize, M. G., 1994. Effect of microwave pretreatment on heterocyclic aromatic amine mutagens/carcinogens in fried beef patties. *Food and Chemical Toxicology*, 32(10), 897-903.
- Felton, J. S., Malfatti, M. A., Knize, M. G., Salmon, C. P., Hopmans, E. C. and Wu, R. W., 1997. Health risks of heterocyclic amines. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 376(1-2), 37-41.
- Gibis O, Weiss J, 2012. Antioxidant capacity and inhibitory effect of grape seed and rosemary extract in marinades on the formation of heterocyclic amines in fried beef patties, *Food Chemistry*, Volume 134, Issue 2, Pages 766-774.
- Gross, G. A., 1990. Simple methods for quantifying mutagenic heterocyclic aromatic amines in food products. *Carcinogenesis*, 11(9), 1597-1603.
- Gross, G. A., Turesky, R. J., Fay, L. B., Stillwell, W. G., Skipper, P. L. and Tannenbaum, S. R., 1993. Heterocyclic aromatic amine formation in grilled bacon, beef and fish and in grill scrapings. *Carcinogenesis*, 14(11), 2313-2318.
- Keating, G. A. and Bogen, K. T., 2001. Methods for estimating heterocyclic amine concentrations in cooked meats in the US diet. *Food and Chemical Toxicology*, 39(1), 29-43.
- Knize, M. G., Cunningham, P. L., Griffin Jr, E. A., Jones, A. L. and Felton, J. S., 1994. Characterization of mutagenic activity in cooked-grain-food products. *Food and Chemical Toxicology*, 32(1), 15-21.
- Korkmaz, A. and Oz, F., 2020. The effects of dry breadcrumb usage in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. *British Food Journal* (in press).
- Murkovic M. 2004. Chemistry, formation and occurrence of genotoxic heterocyclic aromatic amines in fried products. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 106: 777–785.
- Nuray, M. and Oz, F., 2019. The effect of using different types and rates of onion-water extract in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
- Oz, F. and Çakmak, İ. H., 2016. The effects of conjugated linoleic acid usage in meatball production on the formation of heterocyclic aromatic amines. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 1031-1037.
- Oz, F. and Kaya, M., 2011a. Heterocyclic aromatic amines in meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(6), 739-753.
- Oz, F. and Kaya, M., 2011b. The inhibitory effect of red pepper on heterocyclic aromatic amines in fried beef *Longissimus Dorsi* muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35, 806–812.
- Oz, F., Kaban, G. and Kaya, M., 2007. Effects of cooking methods on the formation of heterocyclic aromatic amines of two different species trout. *Food Chemistry*, 104(1), 67-72.
- Oz, F., Kızıllı, M., Zaman, A. and Turhan, S., 2016. The effects of direct addition of low and medium molecular weight chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines in beef chop. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 861-867.
- Oz, F., Zaman, A. and Kaya, M., 2017. Effect of chitosan on the formation of heterocyclic aromatic amines and some quality properties of meatball. *Journal of Food Processing and Preservation*, 41 (4), 1–17.
- Pais, P., Salmon, C. P., Knize, M. G. and Felton, J. S., 1999. Formation of mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in dry-heated model systems, meats, and meat drippings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3), 1098-1108.
- Puangsoombat, K., Jirapakkul, W. and Smith, J. S., 2011. Inhibitory activity of Asian spices on heterocyclic amines formation in cooked beef patties. *Journal of Food Science*, 76(8), T174-T180.
- Quelhas, I., Petisca, C., Viegas, O., Melo, A., Pinho, O. and Ferreira, I. M. P. L. V. O., 2010. Effect of green tea marinades on the formation of heterocyclic aromatic amines and sensory quality of pan-fried beef. *Food Chemistry*, 122(1), 98-104.
- Reistad, R., Rosslund, O. J., Latva-Kala, K. J., Rasmussen, T., Vikse, R., Becher, G. and Alexander, J., 1997. Heterocyclic aromatic amines in human urine following a fried meat meal. *Food and Chemical Toxicology*, 35(10-11), 945-955.
- Shin, H. S., Park, H. and Park, D., 2003. Influence of different oligosaccharides and inulin on heterocyclic aromatic amine formation and overall mutagenicity in fried ground beef patties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(23), 6726-6730.

- Skog, K., 2002. Problems associated with the determination of heterocyclic amines in cooked foods and human exposure. *Food and Chemical Toxicology*, 40(8), 1197-1203.
- Szterk, A., 2015. Heterocyclic aromatic amines in grilled beef: the influence of free amino acids, nitrogenous bases, nucleosides, protein and glucose on HAAs content. *Journal of Food Composition and Analysis*, 40, 39-46.
- Tikkanen, L. M., Sauri, T. M. and Latva-Kala, K. J., 1993. Screening of heat-processed Finnish foods for the mutagens 2-amino-3, 8-dimethylimidazo [4, 5-f]-quinoxaline, 2-amino-3,4,8-trimethylimidazo [4,5-f]-quinoxaline and 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4,5-b] pyridine. *Food and Chemical Toxicology*, 31(10), 717-721.
- Toribio, F., Busquets, R., Puignou, L. and Galceran, M. T., 2007. Heterocyclic amines in griddled beef steak analysed using a single extract clean-up procedure. *Food and Chemical Toxicology*, 45(4), 667-675.
- Turesky, R. J., Bur, H., Huynh-Ba, T., Aeschbacher, H. U. and Milon, H., 1988. Analysis of mutagenic heterocyclic amines in cooked beef products by high-performance liquid chromatography in combination with mass spectrometry. *Food and Chemical Toxicology*, 26(6), 501-509.
- Vitaglione P, Fogliano V. 2004. Use of antioxidants to minimize the human health risk associated to mutagenic/carcinogenic heterocyclic amines in food. *Journal of Chromatography B*, 802: 189–199.
- Zeng, M., Zhang, M., He, Z., Qin, F., Tao, G., Zhang, S. and Chen, J., 2017. Inhibitory profiles of chilli pepper and capsaicin on heterocyclic amine formation in roast beef patties. *Food Chemistry*, 221, 404-411.

## ***In vitro* antidiabetic activity of methanolic extracts of some plant growing in Erzincan**

Hüseyin Akşit<sup>1\*</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1509-851X>), Şevki Adem<sup>2</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2146-5870>), Zeynep Akşit<sup>3</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0349-0223>), Samed Şimşek<sup>4</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8451-3425>)

<sup>\*1</sup> Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Pharmacy, Analytical Chemistry Dept. Erzincan, TURKEY

<sup>2</sup> Çankırı Karatekin University, Faculty of Science, Chemistry Dept. Çankırı, TURKEY

<sup>3</sup> Erzincan Binali Yıldırım University, Engineering Faculty, Food Engineering Dept. Erzincan, TURKEY

<sup>4</sup> Erzincan Binali Yıldırım University, Çayırılı Vocational School, Medical Services and Techniques Dept. Erzincan, TURKEY

\*Corresponding author e-mail: [huseyinaksit@gmail.com](mailto:huseyinaksit@gmail.com)

### **Abstract**

In the present study, the methanolic extracts of 21 plants that grow in Erzincan, were examined for alpha-glucosidase inhibition activity *in vitro*. Plant materials were collected from various locations in Erzincan. Plant materials were successively extracted with 100 mL of methanol. Extracts were dissolved in DMSO:0.1 M pH, 6.8 phosphate buffer (1:20). Acarbose and DMSO were used positive and negative control, respectively. The alpha-glucosidase enzyme inhibitory activity of extracts was carried out on 96-well based spectrophotometric method. According to the results; totally nine plants had no significant activity (IC<sub>50</sub>>5 mg/mL). The twelve plant extracts were inhibited the  $\alpha$ -glucosidase in various IC<sub>50</sub> values ranged from 0.14 to 0.77 mg/mL. *Trachomitum venetum* (*Apocynum venetum*), *Ebenus macrophylla*, and *Origanum acutidens* were found the most active extracts (IC<sub>50</sub>= 0.14-0.23 mg/mL).

**Keywords:** Antidiabetic activity, Alpha-glucosidase, Plant extracts.

### **INTRODUCTION**

Plants contain secondary metabolites with different subclass and many biological activities. Secondary plant metabolites are numerous molecules produced by the plant cell through metabolic pathways. Secondary metabolites in plants are not related to the vital functions of plants, but they primarily fulfil functions such as defense and reproduction. Plants have been used for centuries as folk remedies in the treatment of many diseases due to their secondary metabolites such as phenolics, alkaloids, terpenes, steroids and iridoids. Many of these molecules are used as role models in the development of modern drugs. Natural product and natural product-derived drugs have been introduced to the market in the United States, Europe or Japan in the last twenty years (Hussein and El-Anssary, 2018). The first step of modern drug discovery from plants is to find right candidates and right biological activities which is applicable *in vivo*. In this study, it is aimed to find a right candidate to antidiabetic agent that it can be used for treatment of type 2 diabetes. Type 2 diabetes is a lifelong disease that prevents human body from using insulin as if it were (Bell, 1991). While there were 451 million diabetic patients worldwide in 2017, it is predicted that this number will increase by 48 percent in 2045 and reach 693 million (Cho et al., 2018). Nowadays, in Type 2 diabetes; pharmacological treatment can be performed with oral antidiabetics such as alpha-glucosidase inhibitors, biguanides, sulfonylureas, insulin secretagogues, insulin sensitizers. Suppression of absorption and digestion of dietary carbohydrates, thus controlling plasma glucose levels, is possible by inhibition of carbohydrate hydrolysis enzymes alpha-glucosidase and alpha-amylase (Casirola and Ferraris, 2006). This mechanism is an important approach in the treatment of type 2 diabetes (Bösenberg and Van Zyl, 2008). Acarbose, one of the drugs used as an alpha-glucosidase enzyme inhibitor, often causes gastrointestinal side effects such as flatulence, diarrhea, and dyspepsia (Chiasson et al., 2002).

### **MATERIALS AND METHODS**

#### **Plant materials**

Plant materials were collected from various locations in Erzincan The plants used in this study are as follows: *Onobrychis galegifolia*, *Onobrychis nitida*, *Ebenus macrophylla*, *Inula heterolepis*, *Thymus convulutus*, *Scorzonera aucherina*, *Helichrysum arenarium*, *Trachomitum venetum*, *Chrysathesium stellerioides*, *Achillea teretifolia*, *Ziziphora tenuior*, *Helichrysum arenarium* subsp. *erzincanicum*, *Helichrysum plicatum*, *Thymus*

*pectinatus*, *Origanum acutidens*, *Rhinanthus angustifolius*, *Thymus vulgaris*, *Alchemilla erzincanensis*, *Scrophularia libanotica*, *Tanacetum balsamita*, *Salvia pachystachys*. 10 g of well-grounded aerial parts of each plant materials were successively extracted with 100 mL of methanol for an hour in ultrasonic bath. The extraction process was repeated three times for each plant. The solvents were filtrated and evaporated at 60 °C under vacuum to give crude methanol extracts.

### In vivo antidiabetic activity

The  $\alpha$ -glucosidase enzyme inhibitory activity of extracts was carried out on 96-well based spectrophotometric method (Tao et al., 2013). Extracts were dissolved in DMSO: phosphate buffer (0.1 M pH, 6.8) in 1:20 ratio. Acarbose was used positive control. Briefly, 50  $\mu$ L buffer solution, 10  $\mu$ L enzyme solution (0.1 U/mL), 20  $\mu$ L extract solution (0.125, 0.25, 0.5, 0.75, 1, 2, and 4 mg/mL) were mixed and incubated at 37 °C for 5 min. 20  $\mu$ L of pNPG (5 mM) was added and absorbance change was monitored kinetically for 5 minutes at 405 nm. The enzyme activity without inhibitor was considered as the control, and the inhibitory effects of extracts were calculated as percentages relative to it. IC<sub>50</sub> values have been calculated from relative activity-concentration graphics. The results were expressed as IC<sub>50</sub> in mg/ml.

### RESULTS and DISCUSSION

In vitro antidiabetic activity of the methanol extract of 21 plants grown in Erzincan was evaluated. It was determined that the methanol extract of 9 plants including *Onobrychis galegifolia* (Fabaceae), *Chrysathesium stellerioides* (Santaleceae), *Achillea teretifolia* (Asteraceae), *Ziziphora tenuior* (Lamiaceae), *Rhinanthus angustifolius* (Orobanchaceae), *Alchemilla erzincanensis* (Roseceae), *Scrophularia libanotica* (Scrophulariaceae), *Tanacetum balsamita* (Asteraceae), and *Salvia pachystachys* (Lamiaceae) did not inhibit alpha-glucosidase enzyme. It was determined that 12 plant extract including *Onobrychis nitida*, *Ebenus macrophylla*, *Inula heterolepis*, *Thymus convolutus*, *Scorzonera aucherina*, *Trachomitum venetum*, *Helichrysum arenarium* subsp. *erzincanicum*, *Helichrysum plicatum*, *Helichrysum arenarium*, *Thymus pectinatus*, *Origanum acutidens*, and *Thymus vulgaris* inhibited the alpha-glucosidase enzyme at different rates (IC<sub>50</sub> = 0.14-0.77 mg / ml) while acarbose inhibit the enzyme with IC<sub>50</sub>=0.86 mg/ml (See Figure 1). According to the results, methanol extracts of *Origanum acutidens*, *Ebenus macrophylla*, and *Trachomitum venetum* plants were found to have the highest activity when compared other tested plant materials with 0.23, 0.17, and 0.14 mg/ml IC<sub>50</sub> values, respectively. Methanol extracts of *T. convolutus*, *T. pectinatus*, *T. vulgaris*, and *O. acutidens* plants known by the local people as "kekik" were found to be good alpha-glucosidase inhibitors when compared to acarbose. Recent reports were supported our findings (Aljarah and Hameed, 2018, Hyun et al., 2014, Kabbaoui et al., 2016, Taye et al., 2020). It was reported that the polysaccharide extracts of *Trachomitum venetum* (*Apocynum venetum*) had significant antihypoglycemic effects in diabetes rats and highlighted that the polysaccharide extracts may be used as prebiotics for management of type 2 diabetes. (Yuan et al., 2020). Methanol extract of *Trachomitum venetum* was found to be the most active extract among 21 plant extracts tested, supporting the latter reference. Another remarkable issue is that one of the two species belonging to the same genus is active while the other does not show any activity: *O. nitida* was inhibit the enzyme with 0,56 mg/ml IC<sub>50</sub> value on another hand *O. galegifolia* was found inactive. This phenomenon can be explained by the difference in both the content and the amounts of active molecules in two plants of the same genus.

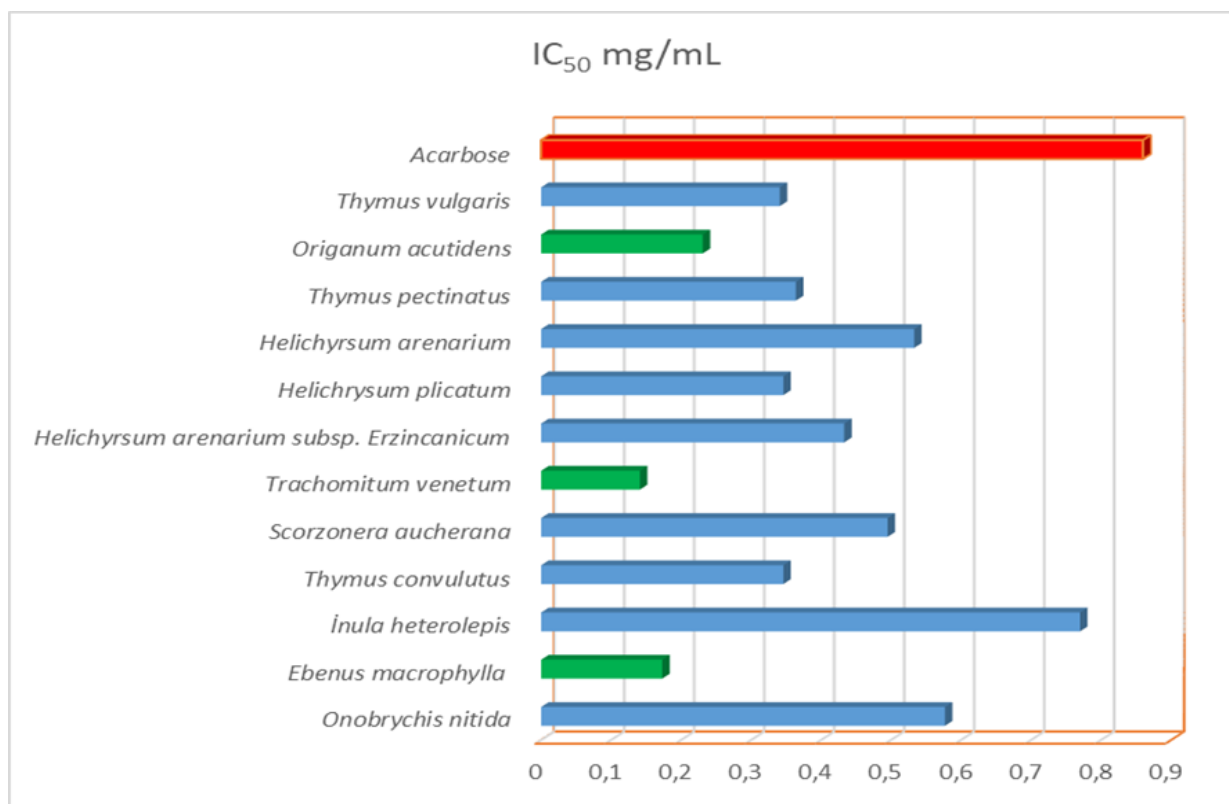


Figure 21. *In vitro* antidiabetic activity of plant extracts

## CONCLUSION

The use of natural resources has become increasingly important in recent years due to the risk of hepatotoxicity and nephrotoxicity of pharmacological applications and side effects of synthetic drugs in the treatment of type 2 diabetes. The results of the present study prove that the methanolic extracts of *Origanum acutidens*, *Ebenus macrophylla*, and *Trachomitum venetum* plants are effective alpha-glucosidase inhibitors, which may control plasma glucose levels. However, the active compounds responsible for the inhibitory action of alpha-glucosidase need to be further isolated and characterized. In conclusion, further studies were required to determine of the chemical content of active plant extracts which may led to the development of new antidiabetic agents from natural resources.

## REFERENCES

- Aljarah AK, Hameed IH 2018. In vitro anti-diabetic properties of Methanolic extract of *Thymus vulgaris* using  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase inhibition assay and determination of its bioactive chemical compounds. Indian Journal of Public Health Research & Development. 9: 388-392.
- Bell GI 1991. Molecular defects in diabetes mellitus. Diabetes. 40: 413-422.
- Bösenberg LH, Van Zyl DG 2008. The mechanism of action of oral antidiabetic drugs: a review of recent literature. Journal of Endocrinology, Metabolism and Diabetes of South Africa. 13: 80-88.
- Casirola DM, Ferraris RP 2006.  $\alpha$ -Glucosidase inhibitors prevent diet-induced increases in intestinal sugar transport in diabetic mice. Metabolism. 55: 832-841.
- Chiasson J-L, Josse RG, Gomis R, Hanefeld M, Karasik A, Laakso M, Group S-NTR 2002. Acarbose for prevention of type 2 diabetes mellitus: the STOP-NIDDM randomised trial. The Lancet. 359: 2072-2077.
- Cho N, Shaw J, Karuranga S, Huang Y, da Rocha Fernandes J, Ohlrogge A, Malanda B 2018. IDF Diabetes Atlas: Global estimates of diabetes prevalence for 2017 and projections for 2045. Diabetes research and clinical practice. 138: 271-281.
- Hussein RA, El-Ansary AA 2018. Plants secondary metabolites: the key drivers of the pharmacological actions of medicinal plants. Herbal Medicine.



- Hyun TK, Kim H-C, Kim J-S 2014. Antioxidant and antidiabetic activity of *Thymus quinquecostatus* Celak. Industrial Crops and Products. 52: 611-616.
- Kabbaoui M, Chda A, Mejrhit N, Azdad O, Farah A, Aarab L, Bencheikh R, Tazi A 2016. Antidiabetic effect of *Thymus satureioides* aqueous extract in streptozotocin-induced diabetic rats. Int J Pharm Pharm Sci. 8: 140-145.
- Tao Y, Zhang Y, Cheng Y, Wang Y 2013. Rapid screening and identification of  $\alpha$ -glucosidase inhibitors from mulberry leaves using enzyme-immobilized magnetic beads coupled with HPLC/MS and NMR. Biomedical chromatography. 27: 148-155.
- Taye GM, Bule M, Gadisa DA, Tekka F, Abula T 2020. In vivo Antidiabetic Activity Evaluation of Aqueous and 80% Methanolic Extracts of Leaves of *Thymus schimperi* (Lamiaceae) in Alloxan-induced Diabetic Mice. Diabetes, Metabolic Syndrome and Obesity: Targets and Therapy. 13: 3205.
- Yuan Y, Zhou J, Zheng Y, Xu Z, Li Y, Zhou S, Zhang C 2020. Beneficial effects of polysaccharide-rich extracts from *Apocynum venetum* leaves on hypoglycemic and gut microbiota in type 2 diabetic mice. Biomedicine & Pharmacotherapy. 127: 110182.

## Quality in future e-learning systems

Elif Dulger (ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8162-8726>)

Sakarya University, Engineering Faculty, Industrial Engineering Department, Sakarya, Turkey.

Corresponding author e-mail: [elifdulger09@gmail.com](mailto:elifdulger09@gmail.com)

### Abstract

The actual issue of recent months Covid-19, beyond being deadly, adversely affected many sectors and their activities. At that point, e-learning systems has been as a solution. It shows that only countries which can be adapt to needs of the digital era will be keep up improving their society. This circumstances emphasizes that the strategic importance of e-learning systems and Education 4.0 once again. As regards to nowadays e-learning system quality, the personalization of education with artificial intelligence especially big data technologies, e-learning system design and management to meet individual needs are on the agenda. By this means traditional problem of distance education called "one size fits all" which publish standard content to whole students, could be fixed. According to the proposed quality management system, firstly it is necessary to analyze the input quality, that is, to identification of training needs, in other words infrastructure of the students. According to the data obtained, personalized course contents should be publishing to meet these needs. In the second phase, Virtual Learning Environment and Virtual Mentors components which will maximize the e-learning process performance will be engaged for process quality. Thus these components will be monitor and intervene the e-learning process progressing differently for each learner, by using learning analytics techniques. In the third phase output control should be test. In other words, it should be ensure that learning outcomes have been achieved by the learners via quality assurance system component of proposed quality system. In this study, a system proposal that can provide a basis for the accreditation and quality management systems of future educational institutions will be presented.

**Keywords:** Quality in e-learning, Education 4.0, Personalized learning, Learning analytics, Big data

### INTRODUCTION

Although the service sector has become the largest part of most industrialized nations' economies, there is still no widely accepted definition of service, and service quality, and innovation, due to these aspects being hard to measure. An important view related to service and process quality of US Nat'l Academy of Engineering is as below: It should begin to focus on service business' needs by adapting and applying systems and industrial engineering concepts, methodologies, and quality-control processes to service functions and businesses (Spohrer et al., 2007). From this point of view, this study has been focused on applying quality methodologies to the e-learning process for future e-learning systems. One of the prominent accreditation organization proverbial ABET defines the key to ensuring the quality of educational programs as assessing student learning, with a focus on continuous improvement (ABET, 2020). And these accreditation organizations generally aims to make contributions to the progress of education quality. So we should focus on «student learning quality» for improving educational quality. However, learning is an infinite loop. Under three approaches (Behaviourism, Cognitivism, Constructivism), there have been several learning models developed.

On the other hand, quality is perceived differently by different people, so there is no single quality definition accepted in today's business world. The concept of quality, according to Philip B. Crosby, is "Quality is conformance to requirements" and for Joseph M. Juran, is "Quality is fitness for use" (Chandrupatla, 2009). In this study this definition will be used which is widely accepted; Quality is the degree to which performance meets expectations. At this point, expectations are associated with learning outcomes which are guaranteed by the quality assurance system. The process starts at the beginning of the instructional design and education systems' expectations are related to meet these outcomes at end of the educational process. According to one OECD Report, learning outcomes are indeed the key to meaningful education, and focusing on learning outcomes is essential for diagnosis and to improve teaching processes and student learning. Also, the interest in learning outcomes increasingly is seen as a response to a range of higher education trends, challenges, and paradigm shifts (OECD Report, 2012). This study focuses on the students' learning process and tries to this process make manageable.

## **MATERIALS AND METHODS**

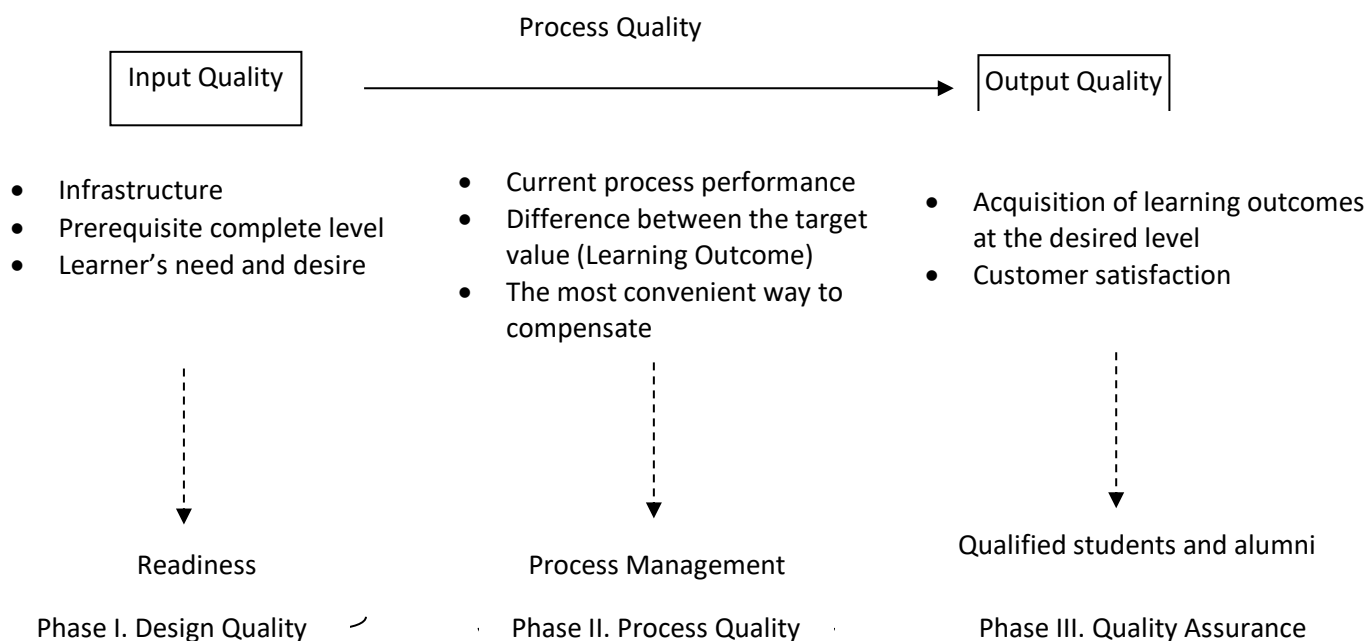
It can be defined the quality system's aim is to determine a measure of how a product, process, and the machine meets the customer needs (Pham and Oztemel, 1996). If this sentence which is defined generally for manufacturing systems adapts to education services; the product can be referred to as alumni and the customer can be referred to the business world that students will meet after graduation. The success of a quality system depends on a well-designed information flow between the various components of that production system. During education, students produce their own knowledge through the use of academic staff and other information sources. So, the product of the education system should be well-supported students. To achieve that, one of the most important components is to guide the e-learning process belongs to their own and occurs in their brains. A system design based on quality assurance to lend assistance to students for improving their learning process and to condition monitoring for educators simultaneously is one of the purposes of this study.

With the increasing use of the Bologna process, quality in higher education has begun to be talked about more. For example, according to the published standard for Quality Assurance in the European Higher Education Area, Quality Assurance has been divided into three parts: 10 standards defined for Internal quality assurance, 7 standards defined for External quality assurance, and 7 standards defined for Quality assurance agencies. According to Standards and Guidelines for Quality Assurance in the European Higher Education Area, the standard for Design and approval of programmes stipulates that institutions should have processes for the design and approval of their programmes, the programmes should be designed so that they meet the objectives set for them, including the intended learning outcomes. One of another standard related to quality assurance for student-centered learning, teaching and assessment stipulates that institutions should ensure that the programmes are delivered in a way that encourages students to take an active role in creating the learning process, and that the assessment of students reflects this approach (EHEA, 2015). In this study, it will be present a general quality management system framework that e-learning students can play an active role in learning process. At the same time, it is possible to assess their acquisition degree of learning outcomes.

### **Proposed Quality Management System**

The qualifications required to be achieved at the end of the education process are explained by the Bologna process and quality assurance systems. Although the quality assurance systems need to be updated under Education 4.0, activities of these systems continue to provide for assurance of educational systems in terms of basic understanding. In the roadmap prepared by Germany, customized product is one of the three things that enterprises should concentrate on during the Industry 4.0 transformation (Ersoy, 2019). Customized or personalized education can be addressed as a reflection of the customized product. Traditional education has been replaced by differentiated or in other words personalized education since it is thought that education should be offered by taking individual differences into consideration.

The proposed Quality Management System consists of three stages. In the first phase, readiness information is necessary for constructing personalized education. In the second phase, process management tools and techniques should be used for monitoring and improving e-learning process performance. And in the last phase, student and alumni information are necessary for the continuous improvement of education institutions. The proposed model is shown in Figure 1.



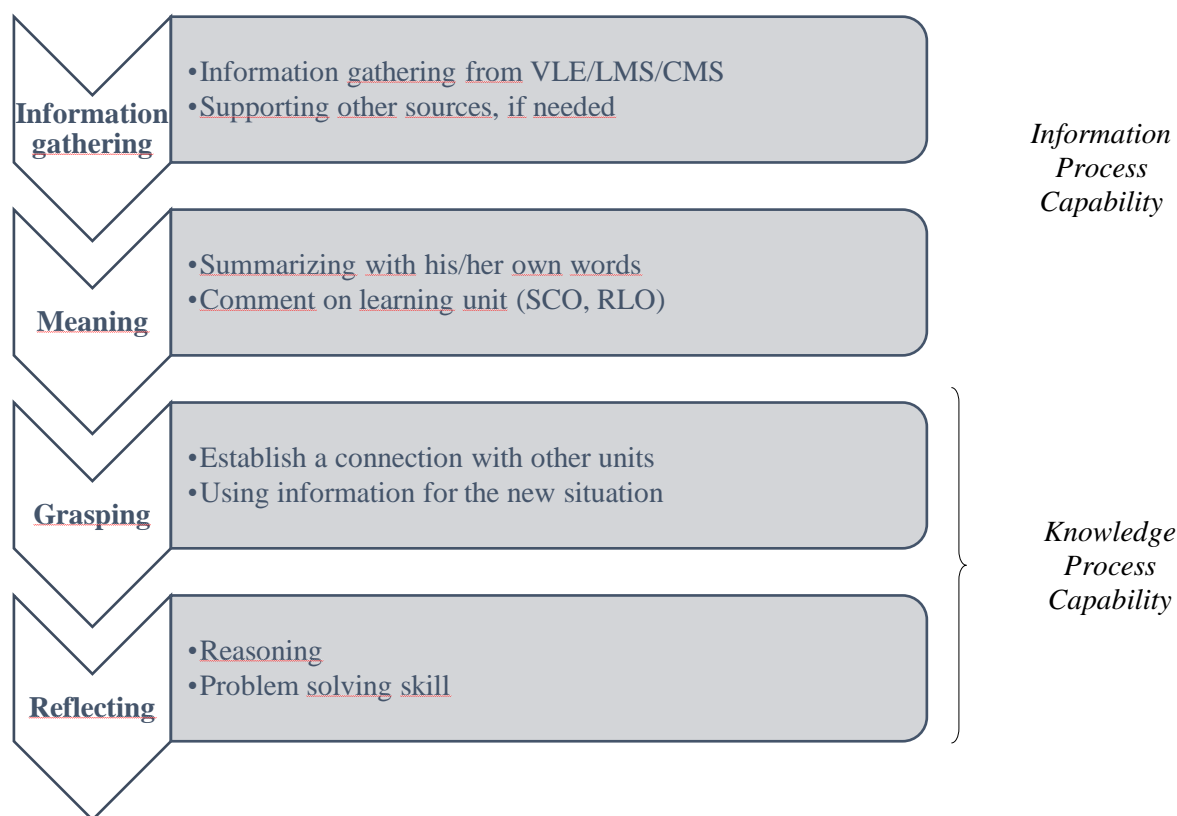
**Figure 22.** Proposed Quality Management System

### ***Design Quality***

In the first phase, readiness information is necessary for constructing personalized education. Due to manage this differentiation, e-learning systems should be collect learner's data to prepare the most appropriate content for each student. At that point, e-assessment component will be use for determine student's prior knowledge related to the course content. If the student need additional information according to the test results, he/she should be supported the other digital assets such as audible contents, digital documents etc. The aim is to prepare the student infrastructure to start the individual e-learning process in the best possible way. For this stage, personalized Virtual Learning Environment (VLE) design is come to the fore. Performing some tests such as Cognitive Style Analysis (Verbal-Imagery, Wholist-Analytic), Learning Style Analysis (VAK) is important issue for better design. Prior knowledge level, other mental skills are other important inputs related to cognitive domain for personalization. Eagerness to learn, curiosity to the subject, attitudes, motivational factors and some questions such as what will be used for? or Is this purpose meaningful for the learner? has a significant role for learning regarding to affective domain.

### ***Process Quality***

If qualifying conditions are provided, learning process can start. After e-learning unit delivered, according to the obtained e-learning process tests score, the degree of acquisition of defined learning outcomes for each learning object (Sharable Content Object (SCO), Reusable Learning Object (RLO) etc.) should be analyzed to improve process performance. At that point, process management tools and techniques should be use for monitoring and improving e-learning process performance. Thus it is possible to monitor and intervene in the e-learning process progressing differently for each learner, by using learning analytics techniques. The learning analytics concept emerges as a reflection of big data technology in the field of e-learning. Students leave digital traces a huge amount of data during e-learning activities. These data can be processed to make it easier for their e-learning process or use other educational and administrative purposes. Predictive modeling, social network analysis (SNA), Usage tracking, content analysis, semantic analysis, recommendation engines are some of the learning analytics tools that can be used (Crow, 2013; Bozkurt, 2016). In contemporary education systems, virtual mentors work as a facilitator to manage this further individual e-learning process in comparison to traditional education. E-learning process can be defined in four stage. These stages is shown in Figure 2.



**Figure 2.** E-learning stages

As mentioned before, during education, students produce their own knowledge through the use of academic staff and other information sources. Because of that first two step is information processing. After information grasping, the learner can produce their own knowledge. At that stage permanent learning takes place. Due to each student has different infrastructure, intelligence or attitudes, information or knowledge process capabilities are vary from student to student.

### **Quality Assurance**

The diagnosis, analysis, and evaluation of the points where the target has not been achieved appear as an important issue within the quality assurance system. The data obtained have the characteristics of feedback within the institution's continuous improvement system. Education 4.0 puts innovation at its focus, and this learning cycle is essential for innovation. In this way, it will be possible for the institution to monitor itself, and the necessary infrastructure will be contributed to the realization of the learning organization. To achieve this, students and alumni information are necessary for the continuous improvement of educational institutions for the quality assurance phase.

Monitoring the acquisition of learning outcomes level, determining the difference between the desired level and current level, planning the corrective action/preventive action (capa), doing, checking, and acting are important inputs for the continuous improvement component of the proposed quality management system.

### **CONCLUSION**

The innovation which is the heart of the last revolution is the basic necessity of the curriculum but also for future e-learning systems. To achieve this, education institutions should be self-perpetuation and have a continuous improvement cycle for growing steadily. Achieving the purpose of an education system is closely related to their student's qualified and well-equipped. If the quality management approach can adapt to educational system operation, it could be prevented unsuccessful students and ineffective e-learning systems. Successful results to be achieved at this point will both motivate the current and potential students and reveal the effectiveness of the e-learning system. The educational institution can evaluate its own performance according to the quality standard or accreditation organization it adopts. This approach will be used to create an intelligent tutoring system to manage and improve students' e-learning process quality. At the stopping point of the progress of the process, it will take advantage of learning analytics. This study is important in

terms of setting up a substructure an interdisciplinary approach that adapting the AI tools such as big data and learning analytics, and quality management approaches and techniques to the education area.

## **REFERENCES**

- ABET (Accreditation Board for Engineering and Technology) Assessment, Available at: <https://www.abet.org/assessment/>, Access date: 05.08.2020
- Bozkurt A 2016. Öğrenme analitiği: e-öğrenme, büyük veri ve bireyselleştirilmiş öğrenme, Açıköğretim Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, AUAd 2016, Cilt 2, Sayı 4, 55-81
- Chandrupatla TR 2009. Quality and Reliability in Engineering. Cambridge University Press
- Clow D 2013. An overview of learning analytics. Teaching in Higher Education, 18(6), 683-695.
- EHEA 2015. European Higher Education Area Standards and Guidelines for Quality Assurance, pp.8-9, Available at: [http://www.ehea.info/media.ehea.info/file/2015\\_Yerevan/72/7/European\\_Standards\\_and\\_Guidelines\\_for\\_Quality\\_Assurance\\_in\\_the\\_EHEA\\_2015\\_MC\\_613727.pdf](http://www.ehea.info/media.ehea.info/file/2015_Yerevan/72/7/European_Standards_and_Guidelines_for_Quality_Assurance_in_the_EHEA_2015_MC_613727.pdf), Access date: 20.09.2017
- Ersoy AR 2017. Endüstri 4.0 Devrimi Yolunda, Available at: <https://www.youtube.com/watch?reload=9&v=rVxWNxR-7hY>, (Access date: 17.01.2019)
- OECD 2013. AHELO (Assessment Of Higher Education Learning Outcomes) Feasibility Study Report, Vol.3
- Pham and Oztemel 1996. Intelligent Quality Systems. Springer Publications.
- Spohrer J, Maglio PP, Bailey J, Gruhl D 2007. Steps Toward a Science of Service Systems, IBM Almaden Research Center, IEEE Publishing

## Üç fazlı buck tip PWM doğrultucunun GSSA modeli

Meral Altınay (ORCID ID : <https://orcid.org/0000-0001-9929-3023>)

Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Kocaeli, Türkiye

e-mail: meral.altinay@kocaeli.edu.tr

:

### Özet

Güç elektroniği dönüştürücüleri tipik olarak, bobin, kondansatör ve direnç gibi pasif elemanlarla birlikte tristör, mosfet ve diyot gibi yarıiletken anahtarlardan oluşan anahtarlama devreleri içermektedir. Bu yüzden, bu tip sistemlerin analizi ve tasarımı oldukça zordur. Modelleme ve simulasyon, güç elektroniğinde analiz ve tasarım sürecinin önemli unsurlarındandır. Bunlar, sistemin anlaşılmasında, tasarımcıya büyük yararlar sağlamaktadır. Bu çalışmada, Buck tip PWM doğrultucu, durum uzay ortalama modeli ile gösterilmektedir ve daha sonra geliştirilmiş durum uzay ortalama metodu aynı doğrultucuya uyarlanmaktadır. Elde edilen GSSA modelin ve bilinen SSA modelin simülasyon sonuçları karşılaştırılmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** GSSA, SSA, PWM doğrultucu, Modelleme

### GSSA model of three phase buck type pwm rectifier

#### Abstract

Power electronic converters typically include switching circuits consisting of semiconductor switches such as thyristors, mosfets, and diodes, along with passive elements such as coils, capacitors and resistors. Therefore, analysis and design of such systems are very difficult. Modeling and simulation are important elements of the analysis and design process in power electronics. These are of great benefit to the designer in understanding the system. In this study, Buck type PWM rectifier is shown with state space averaging model and then generalized state space averaging method is adapted to the same rectifier. The simulation results of the obtained GSSA model and the known SSA model are compared.

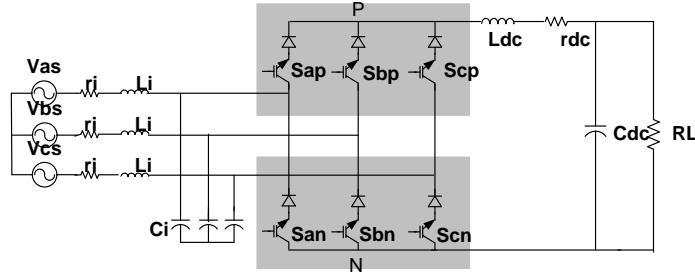
**Keywords:** GSSA, SSA, PWM rectifier, Modelling

### GİRİŞ

Bilindiği üzere büyük-ışaret analizi, sistem seviyesinde çalışma gerektirmektedir. Bu nedenle sistem büyük-ışaret analizi ile tanımlandığında, doğrusallaştırılmış durum uzay modeli geçersiz hale gelmektedir. Gerçek zamanlı yazılımlarla gerçekleştirilen modellemede, sistem benzetiminin doğruluğu için, doğrusal-olmayan modeller kullanılır. Bu durumda, gerçek elemanların doğrusal- olmayan özellikleri, uzun simülasyon süresi ve büyük bir bilgisayar hafızası gerektirmektedir. Dönüştürücülerinin anahtarlama modelleri ile yapılan benzetimler de aynı ihtiyaç ve problemleri beraberinde getirmektedir. Bu nedenle güç elektroniği sistemlerinin modellenmesinde geleneksel olarak ortalama model teknikleri kullanılmaktadır. Bununla birlikte, hızlı ve büyük-ışaret değişimleri ortalama metodlarla izlenemez. Bu sebeple, gerçekleştirilen çalışmalarda, ışaret değişimlerinin boyutunda hiçbir sınırlama olmaksızın, durum değişkenlerinin ortalamasının yanısıra harmoniklerin de hesaba katıldığı geliştirilmiş bir metod olan, GSSA metodu önerilmektedir.

#### Dönüştürücünün yapısı

Modellemesi gerçekleştirilecek dönüştürücüye ait güç devresi şekil1.' de verilmektedir.



Şekil 1. Buck tip PWM doğrultucunun güç devresi

### Genelleştirilmiş Durum Uzay Ortalama (GSSA) Metodu

Genelleştirilmiş durum uzay ortalama metodu, “ herhangi bir  $x(t)$  dalga şekline,  $(t-T, T]$  sonlu zaman aralığında, fureye (Fourier Transformation) dönüşümünün sonlu katsayıları kullanılarak, keyfi doğrulukla yaklaşılabılır” prensibine dayanmaktadır. Bu yaklaşımın doğruluğu, daha fazla katsayının hesaba katılması ile artırılabilir.

Bir  $x(t)$  dalga şeklinin,  $(t-T, T]$  zaman aralığında fureye dönüşümü aşağıdaki gibi ifade edilmektedir.

$$\mathbf{x}(t) = \sum_{\mathbf{k} = -\mathbf{n}}^{\mathbf{n}} \langle \mathbf{x} \rangle_{\mathbf{k}}(t) \cdot e^{j\mathbf{k}\omega t} \quad (1)$$

Bu eşitlikteki;

$\omega = \frac{2\pi}{T}$  ve  $\langle \mathbf{x} \rangle_{\mathbf{k}}(t)$ , zamana bağlı kompleks fureye katsayısı olup, aşağıda gösterildiği gibi elde edilmektedir.

$$\langle \mathbf{x} \rangle_{\mathbf{k}}(t) = \frac{1}{T} \int_{t-T}^t \mathbf{x}(\tau) \cdot e^{-j\mathbf{k}\omega\tau} d\tau \quad (2)$$

(2) Eşitliğindeki  $\langle \mathbf{x} \rangle_{\mathbf{k}}(t)$  gösterimi ortalama (averajlama) çalışmasını göstermek için kullanılmaktadır.

Eşitlik (1)’de  $n$ ’ in değeri gerekli doğruluğun derecesine bağlıdır ve eğer  $n$  sonsuza giderse, yaklaşım hatası da sıfıra gider. Eğer bir durum değişkeninin herhangi bir salınımı yok ve yaklaşık olarak sabitse, sadece  $k=0$  terimleri kullanılır. Bunun yanı sıra, eğer durum değişkeninin sinüs dalgasına benzer yalnızca tek bir salınımı varsa,  $k = -1, 1$  terimleri kullanılır. Bu metod birinci harmonik yaklaşımı olarak adlandırılır. Eğer bir durum değişkeninin bir DA bileşeni ve aynı zamanda bir salınımı varsa,  $k = -1, 0, 1$  terimleri kullanılır. Bu methodta, ne kadar çok terim hesaba katılırsa o kadar doğruluğa yaklaşılmaktadır. Elde edilen fureye katsayıları kullanılarak, (1) eşitliğindeki  $x(t)$  tekrar düzenlenir ve aşağıdaki gibi yazılır.

$$x(t) = \langle x \rangle_0 + 2 \sum_{k=1}^n \left( \Re \langle x \rangle_k \cdot \cos(k\omega t) - \Im \langle x \rangle_k \cdot \sin(k\omega t) \right) \quad (3)$$

Bu eşitlikteki  $\langle x \rangle_k$ ’ nin  $t$  zaman argümanlı gösterimi, basitleştirme için yok edilmiştir.

$\Re \langle x \rangle_k$  ve  $\Im \langle x \rangle_k$  sırasıyla  $\langle x \rangle_k$ ’ nin gerçek ve sanal bileşenlerini göstermektedir.

Bu yaklaşım kullanılarak, durum değişkenlerinin Eşitlik (3)’ deki katsayıların olduğu, yaklaşık durum uzay modeli belirlenmektedir.



Analizleri gerçekleştirirken, furye katsayılarını içeren ortalama modelin hesaplanmasında kullanılan, furye katsayılarının zamana göre türevleri ve değişkenlerin çarpımlarının dönüşümleri aşağıdaki şekilde elde edilmektedir. Eşitlik 5.' de verilmiş furye katsayısının türev alma işlemi bu yöntemin anahtar faktörüdür.

$$\frac{d}{dt} \langle x \rangle_k(t) = -jk\omega \langle x \rangle_k(t) + \left\langle \frac{d}{dt} x \right\rangle_k(t) \quad (4)$$

$$\langle x.y \rangle_k = \sum_{i=-n}^n \langle x \rangle_i \langle y \rangle_{k-i} \quad (5)$$

### Güç elektroniği sistemlerinin analizinde GSSA metodunun uygulanması

Güç elektroniği dönüştürücüleri, anahtarlama tip çalışma prensiplerinden dolayı, periyodik olarak değişen yapıya sahip sistemlerdir. Görev süresi d olan anahtarlama bir dönüştürücünün sürekli-zaman durum uzay modeli, bir anahtarlama periyodu T için iki diferansiyel denklem grubundan oluşur. Bunlardan biri dT zaman aralığı boyunca, yani anahtarların ON olduğu durumda, devrenin çalışmasını ifade eder. Diğeri ise (1-d).T zaman aralığı boyunca, yani anahtarların OFF olduğu durumda, devrenin çalışmasını ifade eder.

Modellemesi yapılacak olan dönüştürücünün sürekli iletim modunda (CCM), T anahtarlama periyodu ve d görev süresi ile çalışan PWM tip bir dönüştürücü olduğu kabul edilmektedir. Herbir dönüştürücünün modellenmesi için T değerinin seçilmesi çok önemlidir ve dikkatlice hesaplanmalıdır. T değeri, DA-DA dönüştürücülerde anahtarlama periyodu, DA-AA dönüştürücülerde çıkış geriliminin temel dalga periyodu iken AA-DA dönüştürücülerde giriş geriliminin temel dalga periyodudur.

### Buck tip PWM doğrultucunun SSA modeli

$$\begin{bmatrix} \dot{i}_d \\ \dot{i}_q \\ \dot{V}_{cd} \\ \dot{V}_{cq} \\ \dot{i}_{ro} \\ \dot{V}_{dc} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{-r_i}{L_i} & \omega & \frac{-1}{L_i} & 0 & 0 & 0 \\ \omega & \frac{-r_i}{L_i} & 0 & \frac{-1}{L_i} & 0 & 0 \\ \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & \omega & \frac{-S_d}{C_i} & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_i} & -\omega & 0 & \frac{-S_q}{C_i} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{S_d}{L_{dc}} & \frac{S_q}{L_{dc}} & \frac{-r_{dc}}{L_{dc}} & \frac{-1}{L_{dc}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_{dc}} & \frac{-1}{R_L \cdot C_{dc}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \\ V_{cd} \\ V_{cq} \\ i_{ro} \\ V_{ro} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_{sd}}{L_i} \\ \frac{V_{sq}}{L_i} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

### Buck tip PWM doğrultucunun GSSA modeli

Bu bölümde, buck tip pwm doğrultucunun durum uzay ortalama modeli kullanılarak sistemin GSSA modeli üretilecektir..

GSSA metodu ile elde edilen eşitliklerdeki durum değişkenleri, aslında durum denklemlerinde verilmiş durum değişkenlerinin furye katsayılarıdır. Bu sebeple metodun uygulanması için ilk olarak bu durum değişkenlerin katsayıları bulunmalıdır.

Buck tip PWM doğrultucunun durum değişkenleri  $i_d$ ,  $i_q$ ,  $V_{cd}$ ,  $V_{cq}$ ,  $i_{dc}$  ve  $V_{dc}$ ' dir. Bu durum değişkenlerine, birinci derece harmonik yaklaşımı kullanılarak aşağıdaki eşitlikler elde edilir.

$$i_d = \langle i_d \rangle_{-1} \cdot e^{-j\omega st} + \langle i_d \rangle_0 + \langle i_d \rangle_1 \cdot e^{j\omega st} \quad (7)$$

$$i_q = \langle i_q \rangle_{-1} \cdot e^{-j\omega st} + \langle i_q \rangle_0 + \langle i_q \rangle_1 \cdot e^{j\omega st} \quad (8)$$

$$v_d = \langle v_d \rangle_{-1} \cdot e^{-j\omega st} + \langle v_d \rangle_0 + \langle v_d \rangle_1 \cdot e^{j\omega st} \quad (9)$$

$$v_q = \langle v_q \rangle_{-1} \cdot e^{-j\omega st} + \langle v_q \rangle_0 + \langle v_q \rangle_1 \cdot e^{j\omega st} \quad (10)$$

$$i_{dc} = \langle i_{dc} \rangle_{-1} \cdot e^{-j\omega st} + \langle i_{dc} \rangle_0 + \langle i_{dc} \rangle_1 \cdot e^{j\omega st} \quad (11)$$

$$v_{dc} = \langle v_{dc} \rangle_{-1} \cdot e^{-j\omega st} + \langle v_{dc} \rangle_0 + \langle v_{dc} \rangle_1 \cdot e^{j\omega st} \quad (12)$$

Eşitliklerdeki  $\omega_s$  anahtarlama frekansını göstermektedir. Buna göre furye katsayıları sırasıyla aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\langle i_d \rangle_0 = x_1 \quad (13)$$

$$\langle i_q \rangle_0 = x_2 \quad (14)$$

$$\langle v_{cd} \rangle_0 = x_3 \quad (15)$$

$$\langle v_{cq} \rangle_0 = x_4 \quad (16)$$

$$\langle i_{dc} \rangle_0 = x_5 \quad (17)$$

$$\langle v_{dc} \rangle_0 = x_6 \quad (18)$$

$$\langle i_d \rangle_1 = x_7 + jx_8 \quad (19)$$

$$\langle i_q \rangle_1 = x_9 + jx_{10} \quad (20)$$

$$\langle v_{cd} \rangle_1 = x_{11} + jx_{12} \quad (21)$$

$$\langle v_{cq} \rangle_1 = x_{13} + jx_{14} \quad (22)$$

$$\langle i_{dc} \rangle_1 = x_{15} + jx_{16} \quad (23)$$

$$\langle v_{dc} \rangle_1 = x_{17} + jx_{18} \quad (24)$$

$i_d$ ,  $i_q$ ,  $v_{cd}$ ,  $v_{cq}$ ,  $i_{dc}$  ve  $v_{dc}$  gerçek değerler olduğu için aşağıdaki şekilde yazılabilir.

$$\langle i_d \rangle_{-1} = \langle i_d \rangle_1^*, \quad \langle i_d \rangle_{-1} = x_7 - jx_8 \quad (25)$$

$$\langle i_q \rangle_{-1} = \langle i_q \rangle_1^*, \quad \langle i_q \rangle_{-1} = x_9 - jx_{10} \quad (26)$$

$$\langle v_{cd} \rangle_{-1} = \langle v_{cd} \rangle_1^*, \quad \langle v_{cd} \rangle_{-1} = x_{11} - jx_{12} \quad (27)$$

$$\langle v_{cq} \rangle_{-1} = \langle v_{cq} \rangle_1^*, \quad \langle v_{cq} \rangle_{-1} = x_{13} - jx_{14} \quad (28)$$

$$\langle i_{dc} \rangle_{-1} = \langle i_{dc} \rangle_1^*, \quad \langle i_{dc} \rangle_{-1} = x_{15} - jx_{16} \quad (29)$$

$$\langle v_{dc} \rangle_{-1} = \langle v_{dc} \rangle_1^*, \quad \langle v_{dc} \rangle_{-1} = x_{17} - jx_{18} \quad (30)$$

Burada (\*) operatörü daha önce de söylendiği gibi, kompleks sayının konjügesi anlamına gelmektedir. (6) eşitliğindeki durum değişkenlerine, furye katsayılarının zamana göre türev alma özelliğinin uygulanması ve (25-30) eşitliklerinin (6) eşitliğindeki denklemlere yerleştirilmesiyle GSSA modeli aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{bmatrix} \dot{X}_1 \\ \dot{X}_2 \\ \dot{X}_3 \\ \dot{X}_4 \\ \dot{X}_5 \\ \dot{X}_6 \\ \dot{X}_7 \\ \dot{X}_8 \\ \dot{X}_9 \\ \dot{X}_{10} \\ \dot{X}_{11} \\ \dot{X}_{12} \\ \dot{X}_{13} \\ \dot{X}_{14} \\ \dot{X}_{15} \\ \dot{X}_{16} \\ \dot{X}_{17} \\ \dot{X}_{18} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{r_i}{L_i} & \omega & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \omega & -\frac{r_i}{L_i} & 0 & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & \omega & -\frac{D_d}{C_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{C_i} & -\omega & 0 & -\frac{D_q}{C_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{D_d}{L_{dc}} & \frac{D_q}{L_{dc}} & -\frac{R_{dc}}{L_{dc}} & -\frac{1}{L_{dc}} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_{dc} \cdot R_L} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{r_i}{L_i} & \omega & \omega & 0 & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\omega & -\frac{r_i}{L_i} & 0 & \omega & 0 & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega & 0 & -\frac{r_i}{L_i} & \omega & 0 & 0 & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega & -\omega & -\frac{r_i}{L_i} & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{L_i} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & 0 & 0 & \omega & \omega & 0 & -\frac{D_d}{C_i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_i} & 0 & 0 & -\omega & 0 & 0 & \omega & 0 & -\frac{D_q}{C_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_i} & 0 & -\omega & 0 & 0 & \omega & -\frac{D_d}{C_i} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{C_i} & 0 & -\omega & -\omega & 0 & 0 & -\frac{D_q}{C_i} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{D_d}{L_{dc}} & 0 & \frac{D_q}{L_{dc}} & 0 & -\frac{r_{dc}}{L_{dc}} & \omega & -\frac{1}{L_{dc}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{D_d}{L_{dc}} & 0 & \frac{D_q}{L_{dc}} & -\omega & -\frac{r_{dc}}{L_{dc}} & 0 & -\frac{1}{L_{dc}} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{C_{dc} \cdot R_L} & 0 & -\frac{1}{C_{dc} \cdot R_L} & \omega \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{C_{dc}} & -\omega & -\frac{1}{C_{dc} \cdot R_L} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \\ X_5 \\ X_6 \\ X_7 \\ X_8 \\ X_9 \\ X_{10} \\ X_{11} \\ X_{12} \\ X_{13} \\ X_{14} \\ X_{15} \\ X_{16} \\ X_{17} \\ X_{18} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{V_d}{L_i} \\ \frac{V_q}{L_i} \\ \frac{V_d}{L_i} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ \frac{V_d}{L_i} \\ 0 \\ \frac{V_q}{L_i} \\ \frac{V_d}{L_i} \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (31)$$

Bu eşitlikler bir bilgisayar programıyla kolayca çözülebilir. Matris buck doğrultucunun genelleştirilmiş durum uzay ortalama modelini vermektedir. Bundan sonraki aşamada, elde edilen katsayılar kullanılarak devrenin durum değişkenleri birer birer hesaplanır. Şekil 1.'deki Buck tip PWM doğrultucunun katsayılarını hesaplamak için aşağıdaki ifadeler kullanılmaktadır.

$$i_d(t) = x_1 + 2x_7 \cos \omega t - 2x_8 \sin \omega t \quad (5.50)$$

$$i_q(t) = x_2 + 2x_9 \cos \omega t - 2x_{10} \sin \omega t \quad (5.51)$$

$$v_{cd}(t) = x_3 + 2x_{11} \cos \omega t - 2x_{12} \sin \omega t \quad (5.52)$$

$$v_{cq}(t) = x_4 + 2x_{13} \cos \omega t - 2x_{14} \sin \omega t \quad (5.53)$$

$$i_{dc}(t) = x_5 + 2x_{15} \cos \omega t - 2x_{16} \sin \omega t \quad (5.54)$$

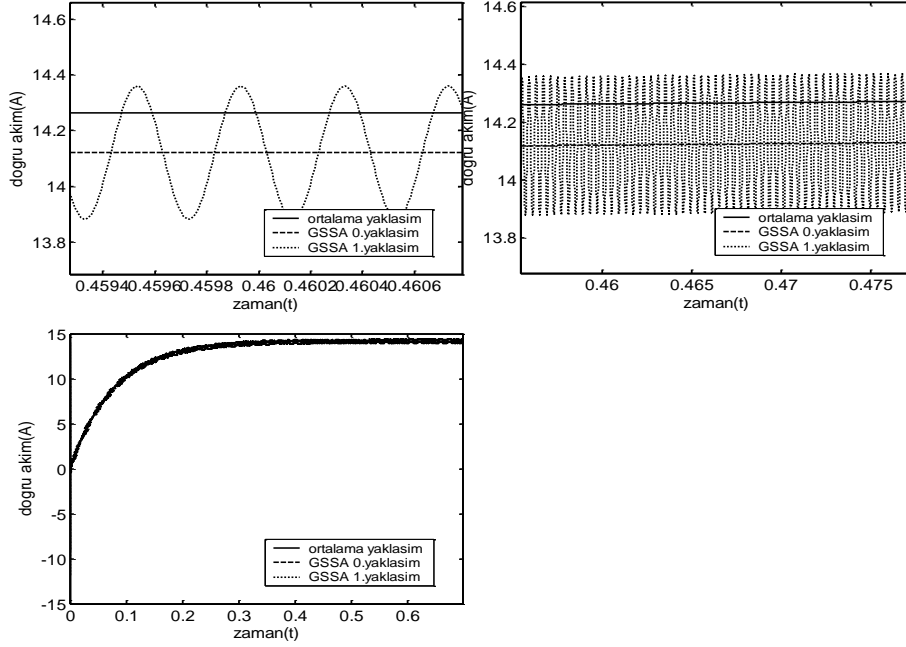
$$v_{dc}(t) = x_6 + 2x_{17} \cos \omega t - 2x_{18} \sin \omega t \quad (5.55)$$

Eşitliklerden anlaşılacağı gibi durum değişkenleri birinci harmonik bileşen ve DA bileşen içermektedir.

## BULGULAR

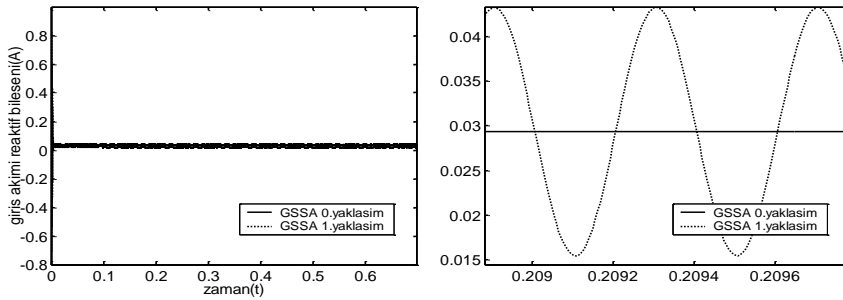
Daha önce bahsedildiği gibi bu metodun temel yaklaşımlarından biri, gerekli doğruluk derecesine bağlı olarak, yüksek dereceli harmoniklerin ihmal edilmesidir. Yani, k dereceli bir yaklaşım kullanılıyorsa, daha yüksek dereceli furye katsayıları hesaba katılmaz. Gerçekleştirilen çalışmada, GSSA ile elde edilen sonuçlar, birinci derece harmonik yaklaşımı ve sıfır harmonik yaklaşımı yani DA bileşeni göstermektedir. Yaklaşım derecesi, büyük olduğu durumda hesaplamalarda artışa sebep olmasına karşın, modelin uygunluğunun artırılmasında önemli bir faktördür.

Analiz ve benzetim çalışmalarında  $D=0.6$  olarak alınmış ve kolaylık olması açısından  $\alpha=\pi/2$  ve  $\beta=0$  olarak seçilmiştir. Bu parametrelerin göz önünde bulundurulduğu durum için GSSA (0. yaklaşım ve 1. yaklaşım için) ve SSA ( grafikte ortalama model olarak isimlendirilmiş) yaklaşımlardan elde edilen çıkış akımı değişimi Şekil 2’ de verilmektedir. Elde edilen yaklaşımlardan çıkış akımındaki dalgalanma faktörünün hesaplanması mümkün olduğu görülmektedir. Çalışmada kullanılan bileşenler için, akım dalgalanma faktörü 2.8 olarak hesaplanmaktadır.

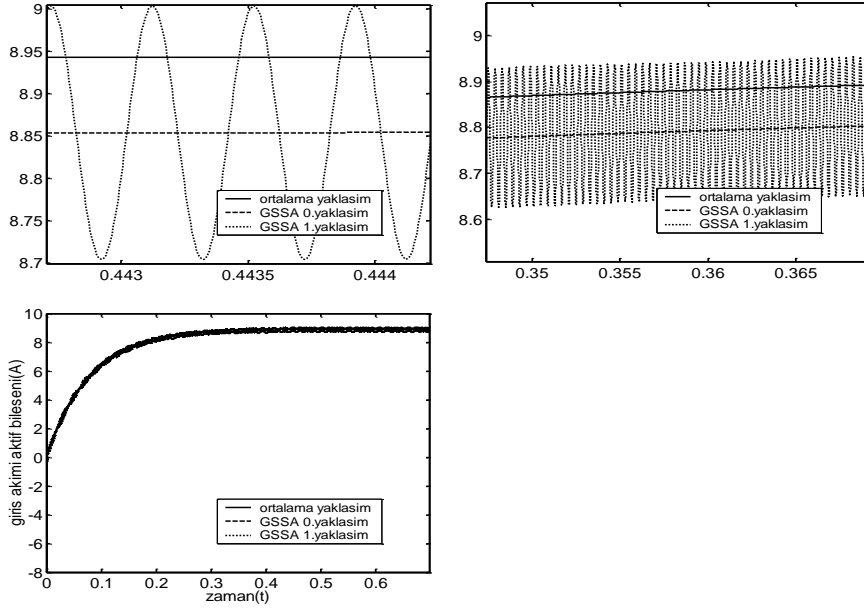


Şekil 2. GSSA ve SSA yaklaşımlardan elde edilen çıkış DA akımı

Şekil 3 ve Şekil 4’ de sırasıyla, giriş akımının reaktif bileşeni ve aktif bileşeni gösterilmektedir.



Şekil 3. GSSA ve SSA yaklaşımlardan elde edilen giriş akımı reaktif bileşeni



Şekil 4. GSSA ve SSA yaklaşımlardan elde edilen giriş akımı aktif bileşeni

Simulasyon sonuçları göstermektedir ki, SSA modeli ve GSSA modeli arasında, içerdiği harmonik bileşenler bakımından büyük farklar bulunmaktadır. Buna karşın, GSSA modelin sıfır derece yaklaşımları yani DA bileşenleri ile SSA modelin değişimi benzerlik göstermektedir. Bunun sebebi, SSA metodunun, anahtarlama frekansının şebeke frekansından çok yüksek olduğu durumlarda doğruluk derecesinin yüksek olmasıdır. Bu kısıtlamaya sahip olan SSA metodunun uygulanabilirliği sınırlanırken bu durum GSSA modelin doğruluk derecesini etkilememektedir.

## SONUÇ

Çalışmada, güç elektroniği dönüştürücüleri için yaygın olarak kullanılan durum uzay ortalama (SSA) modeli ile geliştirilmiş durum uzay ortalama (GSSA) modeli arasında bir karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, ilk olarak Buck tip PWM doğrultucuya ait SSA modeli gösterilmiş, ardından GSSA modeli türetilmiştir. GSSA modeli kullanılarak sistemin büyük işaret modeli çıkarılmış ve tüm sistem parametrelerinin harmonik karakteristikleri elde edilmiştir. Daha önce de söylendiği gibi, bu metot Fourier dönüşümüne dayanmaktadır. Bu yolla sistem doğrusal hale getirilmektedir. Böylece sistemin durum denklemleri arasındaki ilişki doğrusal eşitliklerle ifade edilebilmektedir. Bu metot ile sistem büyük işaretli olarak modellenebilir ve böylece doğrusal olmayan sistemler için de kullanılabilir. Tüm bunların yanı sıra, bu yöntemle durum değişkenlerinin her birinin harmonik karakteristiklerinin incelenmesi ve ripple faktörü gibi performans parametrelerinin incelenmesi de mümkündür.

## KAYNAKLAR

- ALTINAY, M., 2005. "Buck Tipi Darbe Genişlik Ayarlı (DGA) Doğrultucunun Genelleştirilmiş Durum Uzay Ortalama Metodu ile Modellenmesi", Doktora Tezi, KOÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 98-116 .
- ALTINAY, M., et al, 2005. "İdeal Bir DC/DC Buck Dönüştürücünün Genelleştirilmiş Durum Uzay Ortalama Metodu ile Modellenmesi.", EVK'2005 - I.Enerji Verimliliği ve Kalitesi Sempozyumu, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası, Kocaeli, 17-18 Mayıs.
- EMADİ, A., 2004a. Modeling and Analysis Of Multiconverter DC Power Electronic Systems Using The Generalized State-Space Averaging Method. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 51, No.3, June 2004, Pp. 661-668.

- EMADĪ, A., 2004b. Modeling of Power Electronic Loads in AC Distribution Systems Using the Generalized State-Space Averaging Method. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on Industrial Electronics*, Vol.51, No. 5, Oct. 2004, Pp.992–1000
- ERICKSON, R.W., 1997. Some Topologies of High Quality Rectifiers. *First International Conference on Energy, Power and Motion Control*, May 5-6, Tel Aviv, Israel, Pp.1-6.
- GAVĪRĪA, C. et al, 2003. Control Scheme Based On GSSA Modeling Applied To An Unity Power Factor Boost Rectifier. *Control Applications, 2003. CCA 2003. Proceedings of 2003 IEEE Conference on*, Vol. 1, Pp. 582 – 587.
- HAN, S.-B., et al, 1998. Modeling and Analysis of Statik and Dynamic Characteristics for Buck-Type three-phase PWM rectifier by Circuit D-Q transformation. *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol.13, No.2, Pp. 323-336.
- HOLTZ, J. 1994. Pulsewidth Modulation for Electronic Power Conversion. *Proceedings of the IEEE*, Vol.82, No. 8, Pp. 1194 – 1214.
- JIANPING, X. and LEE,C.Q., 1998. A Unified Averaging Technique for The Modeling of Quasi-Resonant Converters. *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol. 13, No. 3, Pp. 556 – 563.
- KARĪMĪ, K.J. et all 1996. Modeling, Simulation and Verification of Large DC Power Electronics Systems. In *Proc. IEEE 1996 Power Electronics Specialist Conference*, Pp. 1731- 1737.
- KREIN, P.T. et all, 1990. On The Use Of Averaging for The Analysis of Power Electronic Systems. *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol.5, No.2, April 1990, Pp. 182-190.
- KOUMBOULIS, F.N. and PARASKEVOUPOLUS P.N., 1992. On Stability of Generalized State Space Systems. *IEEE Transactions on Circuits and Systems-1: Fundamental Theory and Applications*. Vol.39, No.12, Pp.1006 -1010.
- LEE, B.K. and EHSANI, M., 2001. A Simplified Functional Simulation Model for Three-Phase Voltage-Source Inverter Using Switching Function Concept. *IEEE Transactions On Industrial Electronics*, Vol.48, No.2, Pp. 309 - 321.
- MAHDAVĪ, J. et al, 1997. Analysis of Power Electronic Converters Using The Generalized State-Space Averaging Approach. *IEEE Transactions on Circuits And Systems-I- Fundamental Theory and Applications*, Vol. 44, No: 2, August 1997, Pp. 767–770.
- NASĪRĪ, A. and EMADĪ, A., 2003. Modeling, Simulation and Analysis of Active Filter Systems Using Generalized State Space Averaging Method. *Industrial Electronics Society, 2003. IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE*, Vol.3 , 2-6 Nov. 2003, Pp. 1999-2004.
- SANDERS, S.R. et al, 1991. Generalized Averaging Method for Power Conversion Circuits. *IEEE Transactions on Power Electronics*, Vol.6, No.2, Pp. 333 – 340.
- U, J. and LEE Q.C., 1997. Generalized State Space Averaging Approach for a Class of Periodically Switched Networks. *IEEE Transactions on Circuits And Systems-I- Fundamental Theory and Applications*, Vol. 44, No. 11, Pp. 1078 – 1081.

## Plakalı eşanjör üretim verilerinin makine öğrenmesi yöntemleriyle incelenmesi

Fatih Karpat \* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8474-7328>), Anıl Işığışık (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4606-0629>)

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: isigicok94@gmail.com

### Özet

Bu çalışmada Manisa Bosch Termoteknik fabrikasının 2018 ve 2019 yıllarında plakalı eşanjör üretiminde gerçekleştirdiği ölçüm ve test sonuçları Python programlama dili ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Seri üretim koşullarında üretilen eşanjör plakaları, belli periyotlarda kalite kontrol birimine iletilmekte ve çeşitli ölçümler yapılmaktadır. Plakalı eşanjörlerin çalışması sırasında ise; çeşitli nedenlerle, ani basınç dalgalanmaları meydana gelmektedir. Bu davranış su çekici (water hammer) olarak adlandırılır ve plakalı eşanjörün ömründe belirleyici rol oynayan bir kriterdir. Bu durumu kontrol etmek için ömür testleri gerçekleştirilmektedir. Ancak bu test yaklaşık 12 gün sürmektedir ve bu süre günümüz piyasa ve seri üretim koşullarında çok uzundur. Bu çalışmanın amacı geçmiş dönem verilerinden yola çıkarak karar verme sürecini hızlandırmak, kaliteyi güvence altına almak ve verimliliği arttırmaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Plakalı Eşanjör, Makine Öğrenmesi, Regresyon, Sınıflandırma

### Investigation of plate heat exchanger production data by machine learning methods

#### Abstract

In this study, the measurement and test results of the Manisa Bosch Termoteknik factory in the production of plate heat exchangers in 2018 and 2019 were analyzed using Python programming language and machine learning methods. Heat exchanger plates produced under serial production conditions are transmitted to the quality control unit in certain periods and various measurements are made. During the operation of plate heat exchangers for various reasons, sudden pressure fluctuations occur. This behavior is called water hammer effect and is a criterion that plays a decisive role in the life of the plate heat exchanger. Lifetime tests are performed to observe this condition. However, this test takes about 12 days and is very long in today's market and mass production conditions. The aim of this study is to accelerate the decision making process, to ensure quality and to increase efficiency based on past data.

**Keywords:** Plate Heat Exchanger, Machine Learning, Regression, Classification

### GİRİŞ

Günümüzde, endüstriyel ürünlerin üretimi ve üretim sürecini oluşturan aşamalarda kalite ve verimlilik kavramları bir işletmenin varlığını sürdürebilmesi için kritiktir. Gelişen teknoloji sayesinde üretim süreçlerine dair daha çok veri toplanabilmektedir. Bu veriler ile üretim süreçlerinde aktif rol oynayan proses parametreleri iyileştirilerek performans artırılabilir. Bu aşamada girdi ve çıktı parametreleri arasındaki ilişkiye dair çıkarımlar matematiksel modeller yardımı ile ifade edilmelidir. Makine öğrenmesi yöntemleri ise; bu çıkarımları yapmada kullanılacak, günümüzde yaygınlaşan çok güçlü bir araçtır.

Ayrıca günümüzde, verimli ve temiz enerji yönetimine artan talep, çok sayıda yenilikçi ısı değiştirici tasarımının geliştirilmesini sağlamıştır. Plakalı eşanjörler, kompakt boyutları ve ısı olarak verimli davranışları nedeniyle bu yenilikçi ürünler arasında büyük öneme sahiptir. Plakalı eşanjör, iki veya daha fazla sıvı arasındaki ısı transferi için kullanılan bir tasarımdır.

Çevrimsel şartlarda çalışan ve anlık basınç yükselmeleri ile birlikte termo-mekanik yüklere maruz kalan plakalı eşanjörlerde yorulma, kritik rol oynamaktadır. Plakalı eşanjörlerde oluşabilecek yapısal problemler merkezi ısıtma suyu ve kullanım suyunun karışmasına neden olmaktadır. Bu yapısal başarısızlık sistemin termal verimliliğinin azalmasıyla birlikte, bazı termo-akışkan problemlere de neden olmaktadır. Manisa Bosch Termoteknik firmasında plakalı eşanjörlerde meydana gelen yorulmayı test etmek için su çekici (water hammer) adı verilen bir test düzeneği ile kontrol edilmektedir. Bu düzende plakalı eşanjör belirli periyotlarda

olarak açılıp kapanarak, çalışma şartları simüle edilmekte ve normalde uzun yıllarda meydana gelen yorulma durumu yaklaşık olarak 12 günde test edilebilmektedir.

Bu çalışmada Manisa Bosch Termoteknik fabrikasının 2018 ve 2019 yıllarında plakalı eşanjör üretiminde gerçekleştirdiği ölçüm ve test sonuçları Python programlama dili ve makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Ölçüm değerleri ve test sonuçlarından oluşan veri kümesi, regresyon ve sınıflandırma yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Lineer regresyon yöntemi ile sayısal tahminler yürütülmüştür. Ayrıca lojistik regresyon, destek vektör makineleri, rassal orman ve k en yakın komşu algoritmaları ile de sınıflandırma analizleri yapılmış ve oluşturulan matematiksel modellerin performansları karşılaştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Eşitlik (1)'de  $y$ ,  $(n \times 1)$  boyutunda bağımlı değişken barındıran bir sütun vektörü,  $X$  ise;  $(m \times k)$  boyutunda bağımsız değişkenleri içeren bir matristir.  $\theta$ ,  $(k \times 1)$  boyutunda regresyon katsayılarını barındıran bir vektördür ve  $\varepsilon$  ise  $(m \times 1)$  boyutlu hata vektörüdür. Çoklu lineer regresyon modeli birden fazla bağımsız değişkenin bir bağımlı değişkeni açıkladığı durumlarda seçilebilecek bir istatistiksel yöntemdir (Shah 2015).

$$y = X\theta + \varepsilon \quad (1)$$

Değişken sayısının fazla olması bağımlı değişkeni daha iyi açıkladığından çoklu doğrusal regresyon yaygın olarak kullanılmaktadır. Eşitlik (1)'de verilen doğrusal regresyon modeli genel olarak Eşitlik (2) halinde gösterilir (Montgomery ve ark., 2012).

$$y_i = \theta_0 + \theta_1 x_{i1} + \theta_2 x_{i2} + \dots + \theta_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

Lineer regresyon modeline öğretmek veri kümesine en iyi uyan  $\theta$  parametrelerini bulmak demektir. Hata kareler ortalaması (HKO) ile veri kümesine en uygun  $\theta$  parametreleri bulmak için kullanılacak yöntemlerden bir tanesidir ve Eşitlik (3)'te denklemini almaktadır.

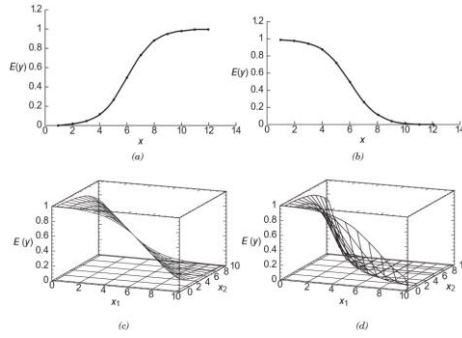
$$HKO = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^m (y_i - \hat{y})^2 \quad (3)$$

Regresyona ek olarak bahsedilecek lojistik regresyon, destek vektör makineler, rassal orman algoritması ve k en yakın komşu algoritması sınıflandırma yöntemleridir. Sınıflandırma algoritmalarını kullanabilmek için veriler 0 ve 1 olarak şekilde kategorik hale dönüştürülmüştür. Plakalı eşanjörün test düzeneğinde istenen ömür değerine ulaşmadığı durum başarısız (0) ve istenilen ömür değeri yakalandığı durum başarılı (1) kabul edilmiştir.

Lojistik regresyon, lineer regresyon modeline çok benzeyen makine öğrenme tekniklerinden biridir. Lineer regresyon probleminde, bağımlı değişken sayısal iken, lojistik regresyon modelinde bağımlı değişken, sadece 0 ve 1 gibi kategorik değerler oluşur. Bağımlı değişkenin alabileceği değerlerin 0 -1 arasında olmasını sağlamak için Eşitlik (4)'te yer alan "Lojistik Fonksiyon" kullanılır. Sonuç olarak denklem Şekil 1'de yer alan artan veya azalan S haline dönüşür.

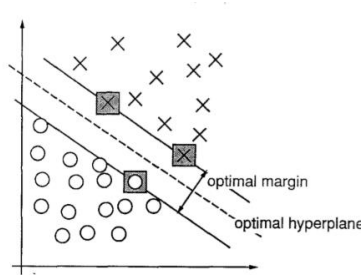
$$E(y) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (4)$$





Şekil 1. Lojistik fonksiyon örnekleri (Montgomery, Peck ve Vining 2012)

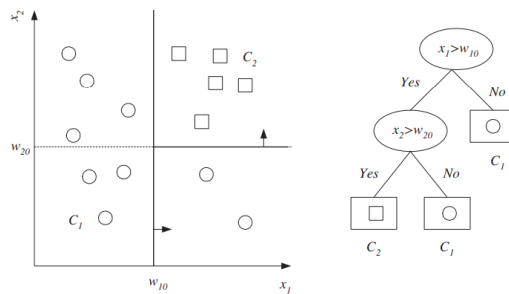
Destek vektör makineleri (Support Vector Machines, SVM), Vladimir Vapnik ve Alexey Chervonenkis tarafından geliştirilen, karar vermede bağımlı destek noktaları arasındaki genişliği en yükseğe çıkarmak için kullanılan ve örüntü tanıma, zaman serileri analizi, sınıflandırma gibi uygulamalarda başarıyla kullanılan gözetimli öğrenme algoritmalarıdır. SVM hem doğrusal hem de doğrusal olmayan verilere uygulanabilmektedir. Doğrusal olmayan  $x$  veri dizisini, daha yüksek boyuta taşıyacak olan fonksiyon haritalama fonksiyonu olarak tanımlanmakta ve  $\Phi(x)$  ile gösterilmektedir. Bu durumda regresyon süreci, çekirdek fonksiyonu  $K(x_i, x_j)$  ile yüksek boyutlu alana taşınmaktadır (Altan ve Hacıoğlu 2018).



Şekil 2. İki boyutlu uzayda ayrılabilir bir sorun örneği (Vapnik ve Cortes 1995)

Burada optimal bir hiper düzlem, iki sınıfın vektörleri arasında maksimum marj ile doğrusal karar fonksiyonu olarak tanımlanır (Bkz. Şekil 2). Gri karelerle işaretlenmiş destek vektörleri, iki sınıf arasındaki en büyük ayırım payını tanımlar. Böyle optimal hiper düzlemler (hyper plane) oluşturmak için, kişinin sadece bu marjı belirleyen destek vektörleri denilen az miktarda eğitim verisini dikkate alması gerektiği gözlenmiştir.

Karar ağacı (decision tree), böl ve ele geçir stratejisini uygulayan hiyerarşik bir veri yapısıdır. Hem sınıflandırma hem de regresyon için kullanılabilen verimli ve parametrik olmayan bir yöntemdir. Belirli bir etiketli veri kümesi ile karar ağacı oluşturulabileceği gibi, Şekil3'teki gibi anlaşılması kolay bir dizi basit kurala da dönüştürülebilirler (Alpaydın 2010).



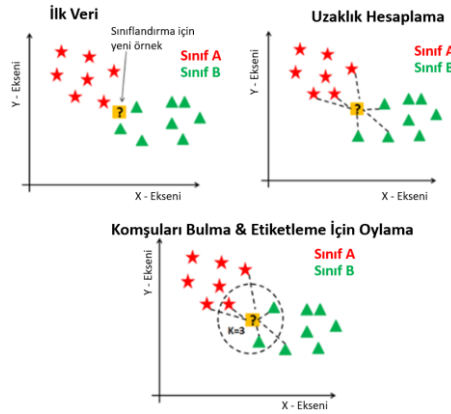
Şekil 3. Veri kümesi ve karşılık gelen karar ağacı örneği.

K-en yakın komşu (k-Nearest Neighbour, k-NN) algoritması ilk olarak 1950'lerin başında tanımlanmıştır. Bu algoritma, büyük eğitim kümeleri verildiğinde emek yoğunudur ve artan hesaplama gücünün mevcut olduğu 1960'lara kadar popülerlik kazanmamıştır. "Yakınlık" bir ölçü metriği olan Öklid mesafe ölçüsü ile tanımlanır.

İki nokta veya iki demet arasındaki Öklid mesafesi,  $x_1 = (x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n})$  ve  $x_2 = (x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n})$  için denklem, Eşitlik 2.25 de ifade edilmiştir.

$$dist(x_1, x_2) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{1i} - x_{2i})^2} \quad (5)$$

Şekil 4’de k-NN algoritması için iki sınıf görselleştirilmiştir; A sınıfı kırmızı yıldızlar ile ve B sınıfı yeşil üçgenler ile grafikte yer almaktadır. Bu noktalar etiketlenmiş ve bilinmektedir. Bilinmeyen bir noktanın hangi sınıfa ait olduğunu anlamak için K-NN algoritması kullanıldığında ise; bilinmeyen noktaya en yakın noktalar hesaplanır. Seçilen k değerine göre hesaplama yapılır. Görseldeki durumda k=3’tür. Yani bilinmeyen noktaya en yakın 3 noktanın Öklid mesafesi hesaplanmıştır. Örnekte bilinmeyen nokta k=3 iken B sınıfına daha yakın olduğundan B sınıfına dahil edilir.



Şekil 4. K-NN Algoritması Görselleştirme (Deepthi, 2019)

Hangi sınıflandırıcının daha iyi çalıştığını bulmak için karışıklık matrisi (Confusion matrix) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin seçilme nedeni ise; veri kümesinin ikili kategorik (başarılı ve başarısız) olmasıdır. İkili kategorik (bias) analizlerde karışıklık matrisi basit ve hızlı bir yöntemdir. Karışıklık matrisi ise Tablo1’de belirtilmiştir. Karışıklık matrisi ile doğruluk, hata oranı gibi hesaplamalar yapılabilmektedir. Hesaplamaların tamamı ise karışıklık matrisi içerisinde yer alan ana dört öge ile gerçekleştirilmektedir. Bu dört ögeye ait açıklamalar ise aşağıda belirtilmiştir (Han ve ark., 2012);

Tablo1. Karışıklık Matrisi

		Tahmin		
		Pozitif	Negatif	Toplam
Gerçek	Pozitif	Doğru pozitif (DP)	Yanlış Negatif (YN)	P
	Negatif	Yanlış Pozitif (YP)	Doğru Negatif (DN)	N
	Toplam	P'	N'	P+N

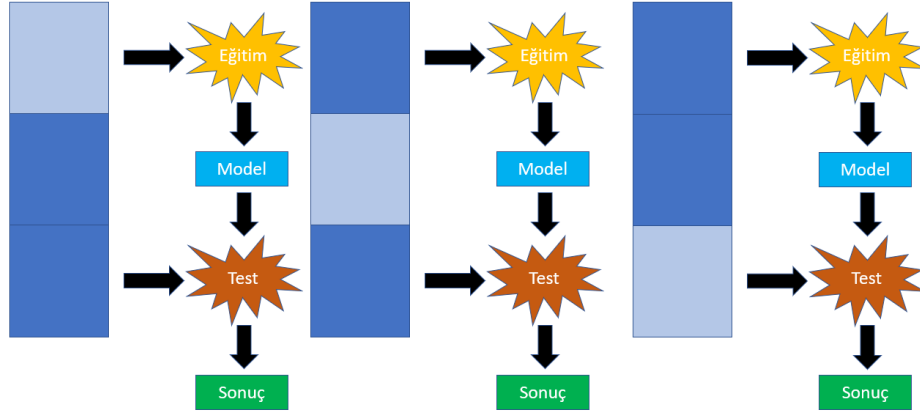
$$Doğruluk (ACC) = \frac{DP+DN}{P+N} \quad (6)$$

$$Hassasiyet (precision) = \frac{DP}{DP+YP} \quad (7)$$

$$Geri çağırma (recall) = \frac{DN}{DN+YN} \quad (8)$$

$$F \text{ puanı} = \frac{2 \times \text{hassasiyet} \times \text{geri çağırma}}{\text{hassasiyet} + \text{geri çağırma}} \quad (9)$$

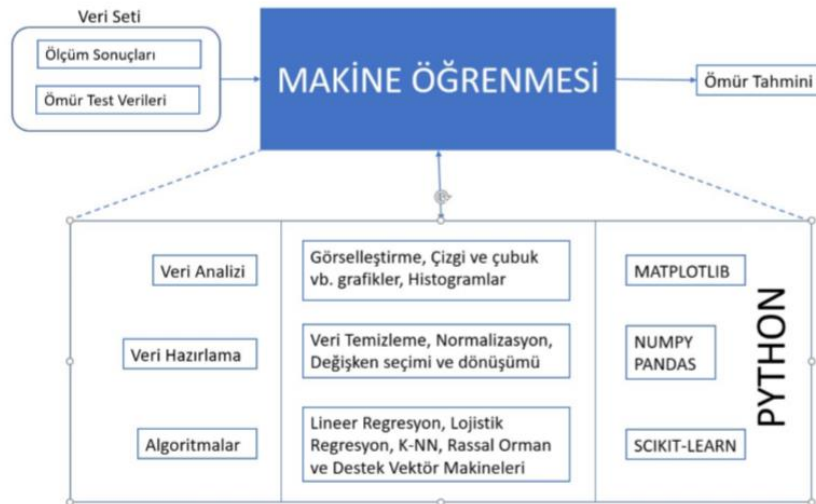
Ayrıca bu çalışmada aşırı öğrenme sorununun önüne geçmek için çapraz doğrulama (cross validation) tekniği de kullanılmıştır. Aşırı öğrenme, istatistiksel modelin iki sorunu çözmek zorunda kalmasının bir sonucudur. Eğitim sırasında performans hatasını en aza indirmelidir. Ancak test sırasında bilinmeyen veriler üzerinde doğru tahminler yapmak için becerilerini en üst düzeye çıkartılması da gerekir. Bu çift hedef modelin ana görevi olması gereken veri trendini öğrenmek yerine, eğitim veri kümesini öğrenmesine yol açabilir (Chicco 2017).



Şekil 5. 3-Katlı çapraz doğrulama sistemi (Refaeilzadeh, 2009)

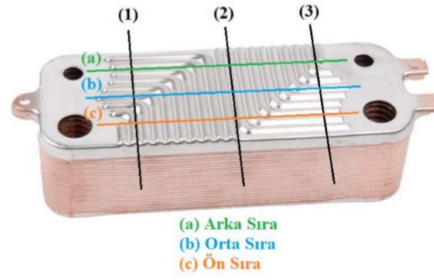
K-kat çapraz doğrulamada, veriler önce k eşit (veya neredeyse eşit) boyutlu gruplara bölünür. Bölünen k grubu test için, geri kalan veriler ise eğitim için kullanılır. Ardından farklı bir k grubu eğitim için geri kalan veriler ise tekrar eğitim için kullanılarak iterasyonlar gerçekleştirilir. Şekil 5'te k=3 olan bir örneği göstermektedir. İkiye ayrılmaktadır.

Python kullanılarak yürütülen bu çalışmada kullanılan kütüphaneler Şekil 6'da görselleştirilmiştir. Veri görselleştirme için Matplotlib, veri hazırlama aşamalarında Numpy ve Panda ve makine öğrenmesi algoritmaları için de Scikit-learn kütüphaneleri kullanılmıştır.



Şekil 6. Makine öğrenmesindeki işlem adımları ve bu adımlar için kullanılan Python kütüphaneleri

Çalışmada firmanın bilgi gizliliği nedeniyle, plakalar üzerindeki ölçüm yapılan noktalar da paylaşamamıştır. Şekil 7'deki görsel, internetten alınmış ve ölçüm yapılan bölgeler sembolik olarak belirtilmiştir. Örneğin; Arka Sıra 3 olarak belirtilen ölçüm bölgesi; (a) çizgisi ile (3) çizgisinin kesişim noktasıdır.



Şekil 7. Plakalı eşanjör ölçüm bölgeleri şematik gösterimi (Anonim, 2020)

Plakalı eşanjör içerisinde ise iki farklı geometride plaka yer almaktadır. Merkezi ısıtma kanalının temas ettiği plaka sıcak plaka, şebekeden gelen kullanım suyunun temas ettiği plaka ise soğuk plakadır. Sıcak ve soğuk plakalara ait ölçüm verilerini içeren bağımsız değişkenleri ve kısaltmaları ise Tablo2’de yer almaktadır.

Tablo2. Bağımsız değişkenler, açıklamaları ve kısaltmalar

SICAK PLAKA BÖLGESEL (mm)						
Arka Sıra 1 (AS1)	Arka Sıra 2 (AS2)	Arka Sıra 3 (AS3)	Orta (O1)	Ön Sıra 3 (ÖS3)	Ön Sıra 2 (ÖS2)	Ön Sıra 1 (ÖS1)
SOĞUK PLAKA BÖLGESEL (mm)						
Arka Sıra 1 (AS11)	Arka Sıra 2 (AS21)	Arka Sıra 3 (AS31)	Orta (O11)	Ön Sıra 3 (ÖS31)	Ön Sıra 2 (ÖS21)	Ön Sıra 1 (ÖS11)
SICAK-SOĞUK PLAKA AÇI UYUMU (mm)				DÜZLEMSELLİK		
a3 (Sıcak Ön- Soğuk Ön)	a4 (Sıcak Sağ- Soğuk Sol)	a5 (Sıcak Arka- Soğuk Arka)	a6 (Sıcak Sol- Soğuk Sağ)	F1	F2	

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Regresyon problemlerinde birinci dereceden denklemler çözüm için her zaman en ideal durum olmayabilir. Polinomal bir regresyon bazı veri kümeleri için daha uygun olabilir. Bu fikirle yola çıkılıp HKO değerleri polinom derecesine göre Tablo 3’te gösterilmiştir.

Tablo3. Polinom dereceleri ve HKO sonuçları

Polinom Derecesi	1	2	3	4	5
HKO Sonucu	-0,61	0,61	-0,36	0,11	0,02

HKO’ya göre en yüksek performansı %61 ile 2.ci derecede elde edilmiştir. 2.ci dereceyken HKO değeri %61 olsa da 1.ci derece regresyonda HKO -0,61’dir. 0 ile 1 arasında bir değer alması gereken hata kareler ortalamasının eksi bir değer olması modelin veya veri kümesinin tutarsız olduğunu göstermektedir. Yaşanan bu durum veri kümesinden kaynaklanmaktadır. Bağımlı değişken olan çevrim sayısına ait veriler test düzeneğinden elde edilmektedir. Ancak test düzeneklerinde plakalı eşanjör belirlenen hedef değere ulaştığında test durdurulmaktadır. Bu durum test sürelerini kısaltmak açısından mantıklı olsa da regresyon analizinde problem yaratmaktadır. Bu çalışmada sınıflandırma analizinin eklenmesinin ana amacı da budur.

Sınıflandırma algoritmalarının tamamı için karışıklık matrisi oluşturulmuş ve bu matris yardımıyla doğruluk değerleri hesaplanmıştır. Ek olarak aşırı öğrenme durumundan kaçınmak için 5-kat çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen 5 kat çapraz doğrulama değerlerinin ortalamaları alınmış ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler Tablo 4’te yer almaktadır.

**Tablo 4.** Sınıflandırma modelleri tahmin sonuçları

	Doğruluk	Çapraz doğrulama	Standart sapma( $\pm$ )
Lojistik Regresyon	72,7	0,6	0,4
Destek Vektör Makineleri	68,1	0,73	0,07
Rassal Orman	63,6	0,68	0,19
K-En Yakın Komşu	68,1	0,78	0,23

## SONUÇ

Günümüzde üretim teknolojileri, her gün ilerlemekte ve çok çeşitli endüstri 4.0 uygulamaları ile karmaşıklaşmakta ve yaygınlaşmaktadır. Bu teknolojik gelişmeler ve edinilen tecrübeleri uygun metotlar kullanılarak kayıt edilmesi sayesinde geçmişte kimsenin sahip olmadığı kadar veri elimizde mevcuttur. Karmaşık veri kümeleri analiz edilerek ve süreçler iyileştirilerek karlılık, kalite ve müşteri memnuniyeti gibi konularda kazanımlar elde edilebilir. Ayrıca firmaların amacı, ürünlerinin kalitesini ve ömür sürelerini arttırarak daha cazip ürünler üretmektir. Ürünlerin ömürlerini ve kalitelerini arttırmak için ise; kalite kontrol süreçlerini detaylandırır ve çeşitli analizler yaparlar. Kaliteli ürünler üretmek, artan talep ve üretim kapasiteleri göz önüne alındığında günümüz piyasa koşullarında sektörel firmalar arası rekabet açısından kritiktir.

Çalışmanın ilk aşamasında test sonuçlarını sayısal olarak tahmin edebilmek için regresyon yöntemi uygulanmıştır ancak yapılan regresyon analizleri sonucu model başarısı oldukça zayıftır. Plakalı eşanjörün yorulma ömrünün belirlenmesi için hazırlanan test düzeneğinde, hedeflenen çevrim 300,000'dir ve bu eşik değere ulaşıldığında test durdurulmaktadır. Ancak geçmiş yıllardaki denemelerde 750.000 çevrim sonrasında dahi çalışmaya devam edebilen eşanjörler gözlemlenmiştir. Eğer yorulma ömür testlerinde limit çevrim değeri olan 300,000 çevrimin sonrasında testler devam ettirilseydi, bağımlı değişken değerler daha farklı olup girdi parametreleri ve bağımlı değişkenler arasındaki ilişkiye müdahale edilmemiş olurdu. Bu durum nedeniyle mevcut durumdaki veri kümesi regresyon analizi için uygun olmayıp, yapılan regresyon analizine ek olarak sınıflandırma analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4'te görüldüğü üzere doğruluk değerleri ile çapraz doğrulama değerleri arasında farklılıklar mevcuttur. Bu fark veri sayısının az olduğu çalışmalarda çapraz doğrulama adımının kritik olduğunu kanıtlamaktadır. Tekrarlı analizler içerdiğinden nihai sonuç çapraz doğrulama yapılmış analizlerden alınmaktadır. Çapraz doğrulama değerleri incelendiğinde ise k-en yakın komşu algoritması 0,78 değeri ile en başarılı modeldir. Ancak standart sapma değerleri de göz önüne alındığında destek vektör makinelerinin daha tutarlı sonuç verdiği gözlemlenmiştir. 0,73 doğruluk değerine ulaşabilen destek vektör modeli, k-en yakın komşu algoritmasına nazaran 0,05 düşük olsa da  $\pm 0,07$  standart sapma değerine sahip olduğundan daha tutarlı sonuç vermektedir. Tüm bu değerlendirmeler ve analizler göze alınarak en uygun sonucu veren sınıflandırma yöntemi destek vektör makineleridir.

Veri kümesinin büyüklüğü arttığında makine öğrenmesinin başarısı ve doğru tahmin yapabilme ihtimali de artmaktadır. İlerleyen çalışmalarda oluşturulan matematiksel modellere yeni veriler eklenerek, doğruluk arttırılabilir ve endüstriyel üretim sürecinde makine öğreniminden edinilen bilgiler doğrultusunda verim arttırılabilir.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, değerli görüşleri ve ilgisiyle bana yol gösteren Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Fatih KARPAT'a ve tezimi yazarken deneyimlerini paylaşıp, önerilerini sunan Sayın Dr. Öğr. Üyesi Celalettin YÜCE'ye teşekkür ederim.

Bu çalışma için gerekli altyapıyı sunan ve destek olan BOSCH Termoteknik Isıtma ve Klima San. Tic. A.Ş.'ye ve bana destek olan tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Her konuda bana destek veren ve yanımda olan babam Prof. Dr. Erkan IŞIĞIÇOK'a, annem Prof. Dr. Özlem IŞIĞIÇOK'a, emekli öğretmen anneannem Nurhan ZEYBEK'e, emekli öğretmen rahmetli dedem İsmail ZEYBEK'e ve nişanlım Bilge FIÇICI'ya gönülden teşekkür ederim.

## **KAYNAKLAR**

- Anonim, 2020. Plakalı eşanjör ölçüm bölgeleri şematik gösterimi <https://www.southwestthermal.com/brazed-plate-exchanger.html> [04.07.2020]
- Alpaydın, E. 2010. Introduction to Machine Learning. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, London, England, 527 pp.
- Altan, A., Hacıoğlu, R., 2018. Prediction of Bitcoin prices with machine learning methods using time series data, 26th Signal Processing and Communications Applications Conference, İzmir.
- Chicco, D., 2017. Ten quick tips for machine learning in computational biology, BioDataMining, 10(35):1-17.
- Deepthi, A.R., 2019. KNN visualization in just 13 lines of code. <https://towardsdatascience.com/knn-visualization-in-just-13-lines-of-code-32820d72c6b6> [01.05.2020]
- Han, J., Kamber, M., Pei, J., 2012. Data mining concepts and techniques. Elsevier Inc., USA, 744 pp.
- Montgomery, D.C., Peck, A.E., Vining, G.G., 2012. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA, 672 pp.
- Refaeilzadeh, P., Tang, L., Liu, H., 2009. Cross-validation, encyclopedia of database systems. Springer, Boston, USA, 546 pp.
- Shah, S.N., 2015. Comparison of some improved estimators for linear regression model under different conditions. Master's Thesis, Florida International University, Statistics, USA
- Vapnik, V., Cortes, C., 1995. Support vector machines, Machine Learning, 20:273-293.

## Havacılık sektöründe kritik sistemlerin yerleştirilmesinin önemi: Hidrolik sistemi örneği

Oğuzhan Özdemir<sup>\*1</sup>, Mehmet Erdem Çorapçoğlu<sup>2</sup>

<sup>\*1</sup>Türk Havacılık ve Uzay Sanayii, Kritik Teknolojiler Uzmanı, Ankara, Türkiye

<sup>2</sup>Türk Havacılık ve Uzay Sanayii, Kritik Teknolojiler Şefi, Ankara, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: oguzhan.ozdemir@hotmail.com

### Özet

Havacılık ve uzay sektöründe geliştirilen özgün ürünlerde kullanılan malzeme, ürün, sistem/alt sistem ve bileşenlerde dışa bağımlılığın en aza indirgenmesi amacıyla yerli ve milli imkân ve kabiliyetlerin azami şekilde kullanılması stratejik hedef olarak belirlenmiştir. Özgün ürünlerin pek çoğunda kullanılan ve hava aracı için kritiklik arz eden sistemlerin yerleştirilmesi öncelik taşımaktadır. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de mekanik güç aktarımının bulunduğu tüm endüstriyel makinelerde hidrolik sistemler kritik bir bileşen olarak değerlendirilmektedir. 17. yy'dan bu yana kullanım alanları ve teknolojisi gelişen hidrolik sistemler, havacılık alanında da birçok işlevin gerçekleştirilmesinde görev almakta ve kullanıldığı platforma bağlı olarak kritik görevler üstlenmektedir. Otomotiv, inşaat makineleri, üretim sistemleri gibi çok çeşitli alanlarda uygulamaları bulunan ve akışkanlar dinamiği ilkeleri ışığında tasarlanan temel hidrolik sistemler, havacılık sektörünün tabii olduğu sıkı sertifikasyon ve kalifikasyon gereksinimleri nedeniyle üretim ve sürdürülebilirlik açısından zorlu bir geliştirme sürecine tabidir. Kullanıldığı platform, ilgili platformun görev aldığı koşullar, çalışma özellikleri, filtre hassasiyeti, kullanılan pompaların devirleri ve standartlar gibi çok farklı parametrelere bağlı olarak diğer endüstriyel hidrolik sistemlere göre daha sıkı ve zorlu gereksinimlere uygun olarak tasarlanmalı ve üretilmelidir. Bu çalışmada havacılık sanayinde kullanılan hidrolik sistemlerin genel özellikleri, yaygın kullanım şekilleri, ülkemizdeki hidrolik teknolojisi altyapısı ve değerlendirmeler ile ilgili öngörüler sunulmaktadır. Hidrolik sistemin yerleştirme faaliyetlerine yönelik yol haritası oluşturma yöntemi ele alınacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolik Sistem, Havacılık Hidroliği, Yerleştirme, Akışkanlar Mekaniği, Yerli ve Milli

### The importance of localizing critical systems in the aviation industry: the hydraulic system example

#### Abstract

In order to minimize the external dependency in materials, products, systems / subsystems and components used in original products developed in the aviation and space sector, the maximum use of domestic and national capabilities have been determined as a strategic goal. It is a priority to localize the systems that are used in many of the original products and that are critical for the aircraft. As in the past, hydraulic systems are a critical component in all industrial machines with mechanical power transmission today. Hydraulic systems, whose usage areas and technology have improved since the 17th century, take part in the realization of many functions in the field of aviation. Hydraulic systems are designed on the basis of fluid dynamics principles and have applications in a wide variety of areas such as basic automotive, construction machinery, and production systems. Due to the stringent certification and qualification requirements in the aviation industry, it is subject to a challenging development process in terms of production and sustainability. It must be designed and manufactured in accordance with more stringent and demanding requirements compared to other industrial hydraulic systems, depending on many different parameters such as the conditions in which it operates, filter precision, the speed of the pumps used and the standards etc. In this study, the general characteristics of the hydraulic systems used in the aviation industry, their common usage patterns, the hydraulic technology infrastructure in our country and the method of creating a road map for the localization activities of the hydraulic system will be discussed.

**Keywords:** Hydraulic System, Aviation Hydraulics, Localization, Fluid Mechanics, Domestic and National

#### GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişimi özel şirketlerin, özellikle savunma sanayi kuruluşlarının, değişen koşullara hızlı adapte olması gerekmektedir. Teknolojik gelişmelere ek olarak bölgesel, askeri ve siyasi değişimler de firmaların hızlı adapte olması gerektirmektedir. Teknolojik gelişmelere adapte olmak ve ilgili alt sistemlerin kullanıldığı platformların takvim risklerini azaltmak amacıyla firmalar genellikle yurt dışından teknoloji tedarik yöntemini tercih etmektedir. Savunma sanayii öncelikli olmak üzere, özellikle yüksek teknoloji içeren ürünlerde dış kaynaklara bağımlı olmanın önündeki en büyük engel olduğu değerlendirilmektedir. Söz konusu bağımlılığı önlemek için yerleştirme ve millileştirme çalışmaları kritik

önemdedir. Yerleşirme ve millileştirme çalışmalarının başarıya ulaşabilmesi için hedef platformların gereksinimlerini karşılayan ürünler geliştirilmesi, eğer mümkün ise alternatif çözümlerin de üretilmesi hedeflenmelidir. Tüm bu faaliyetlerin gerçekleştirilebilir şekilde ele alınması için stratejik bir bakış ile yerleşirme yol haritaları oluşturulmalıdır.

Bu çalışmada, havacılık sanayinde kullanılan hidrolik sistemlerin genel özellikleri, yaygın kullanım alanları, ülkemizdeki hidrolik teknolojisi altyapısı ve değerlendirmeler ile ilgili öngörüler sunularak hidrolik sistemin yerleşirme faaliyetlerine yönelik yol haritası oluşturma yöntemi ve öneriler sunulmaktadır.

## **HİDROLİK SİSTEMLER**

Hidrolik, akışkanların mekanik özelliklerini inceleyen bir bilim dalıdır. Günümüzde hidrolik akışkanlar vasıtasıyla kuvvet ve hareketlerin iletimi ve kumandası amacıyla kullanılmaktadır.

Hidrolik sistemler; sıkıştırılmaz özellikteki akışkanların kullanıldığı, elde edilen basınçlı akışkan yardımı ile çeşitli hareketlerin ve kuvvetlerin üretildiği sistemlerdir. Akışkanların sıkıştırılmaz olmasından dolayı, büyük güçler hidrolik sistemler ile elde edilebilir. Hava ve gazlar sıkıştırılabildiği için büyük kuvvetlerin üretilmesinde kullanılmazlar.

Hidrolik devrelerde akışkan olarak genelde su veya yağ kullanılır. Ancak metal yüzeylerde pas yapması sebebiyle, suyun kullanım alanı çok kısıtlıdır. Bu sebeple hidrolik sistemlerde akışkan olarak genellikle madensel yağlar kullanılır. Hidrolik yağların; güç iletebilme, yağlayıcılık özelliği, sızdırmazlık sağlayabilme, çalışma sırasında meydana gelen ısıyı soğutabilme, korozyona sebep vermeme, içine karışan suyu dışarı atabilme, sistem elemanları ile uyum, köpüklenme olayının en az seviyede olması ve insan sağlığına zarar vermeyen yapıda olması beklenmektedir.

Hidrolik sistemler endüstriyel alanlarda (takım tezgahlarda, ağır sanayi makinalarda, iş makinalarında, tarım makinalarında, pres ve kaldırma araçlarında, plastik enjeksiyon makinalarda), çelik haddehanelerinde, maden ocaklarında, hareketli hidrolik araçlarda, gemicilik endüstrisinde ve enerji üretiminde kullanıldığı gibi, birçok uçakta da kullanılmaktadır. Hidrolik sistemler hava aracının kullanım amacına göre; iniş takımları, burun tekeri yönlendirme sistemi, uçuş kontrol sistemi, kargo kapakları ve fren gibi sistemlerde tahrik sistemi olarak kullanılmaktadır. Hava aracına yönelik teknolojilerin gelişmesiyle birlikte hidrolik sistemlerin zaman içerisinde önemi artmış olup günümüz uçaklarında gelişmiş özelliklere sahip olarak ürünlerin içinde kullanılmaya başlanmıştır. [1]

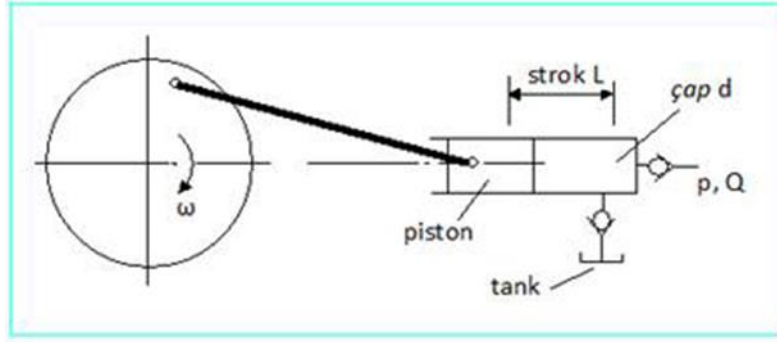
### **Hidrolik Devre Elemanları**

Hidrolik devre elemanları; rezervuar, filtreler, hidrolik pompalar, hidrolik motorlar, hidrolik silindirler, valfler, hidrolik akümülatörler, bağlantı elemanları ve sızdırmazlık elemanları olarak sıralanabilir.

### **Pompa**

Pompa; tankta bulunan akışkanı, ayarlanan basınç ve debide sisteme gönderen devre elemanıdır. Pompalar mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştürür. Dönme hareketini elektrik motorundan alan pompa, doğrudan basınç oluşturmaz. Akışkan sistemde bir engelle karşılaştığında basınç oluşur. Pompa seçilirken, kullanılacak sistemin işlevini yerine getirebilecek debiyi ve basıncı üretebilecek büyüklükte olmasına dikkat edilmelidir. Pompa milinin dönüş yönü ve elektrik motorun dönüş yönü birbirine uygun olmalıdır. Pompanın içindeki koruyucu yağlar temizlenmelidir. Hidrostatik tahrikte pozitif deplasmanlı pompalar kullanılmaktadır. Bu pompalar artan hacim bölgelerinde oluşturdukları vakum sayesinde, hidrolik deposunda atmosferik basınç etkisi altında bulunan yağ emerler. Daha sonra, milinin dönmesi devam ederken iç yapısında oluşmakta olan azalan hacim bölgesi sayesinde yağ devreye itilmektedir.





Şekil 1: Pozitif deplasmanlı, pistonlu bir pompanın şematik görünüşü

Hidrolik sistemlerde kullanılan pompaları aşağıda verilen şekilde gruplanmaktadır;

- 1) Dişli Pompalar
  - a) Dıştan dişli
  - b) İçten dişli
  - c) Pistonlu el pompaları
- 2) Paletli Pompalar
- 3) Pistonlu Pompalar
  - a) Eksenel pistonlu
    - i) Eğik gövdeli
    - ii) Eğik plakalı
  - b) Radyal pistonlu
  - c) İçten eksantrik dişli

### Hidrolik Motorlar

Hidrolik motorlar; hidrolik sistemde basınçlı akışkanın hidrolik enerjisini dairesel harekete dönüştürmek için kullanılan elemanlara denir. Hidrolik motorlarla yüksek basınçtaki akışkanları kullanarak büyük döndürme momentleri elde edilir. Küçük bir hacimle büyük momentleri üretmek mümkündür. Hidrolik motorlar; güçlü dairesel hareketin gerektiği iş makinalarında, takım tezgahlarında vb. yerlere kullanılır. Hidrolik motorlarla kademesiz hız ayarı yapılabilir. Hareket devam ederken kademesiz hız ayarı yapılabilir, dönüş yönü değiştirilebilir. Hidromotorlar giriş ve çıkışlardaki basınç farkı yardımıyla hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye dönüştürürler. Pozitif deplasmanlı olarak yapılan hidromotorların hem hacimsel verimleri ve hem de mekanik verimleri oldukça yüksektir.

### Rezervuar

Rezervuar; hidrolik akışkanı depolayan, çalışma koşullarına uygun şekilde hazırlayan, çelik veya dökümden yapılan devre elemanlarıdır. Yağ tankı olarak da bilinir. Isınan hidrolik akışkanın kolayca soğutulması için deponun alt kısmı hava akımı oluşturacak şekilde dizayn edilmelidir. Sistemdeki akışkanın görevini tamandıktan sonra buraya gelir. Dönen akışkanın içine çeşitli yabancı maddeler karışabilir. Bunlar depoda ayrışır ve temiz olarak sisteme akışkan gönderilir. Depoya dönen akışkanın dinlenmeden emilmesini önlemek için dinlendirme levhası konulmalıdır. Depo kapasitesi, hidrolik sisteme gerekli olan akışkan miktarına ve dağıtım sisteminin büyüklüğüne göre seçilir. Pratik olarak ortalama pompa debisinin 3-5 katı kadar alınabilir.

### Hidrolik Silindir

Hidrolik silindirler; hidrolik enerjiyi mekanik enerjiye çeviren devre elemanına denir. Doğrusal hareket üretirler. Hidrolik motorlardan farkları dönme hareketi yerine doğrusal hareket sağlamalarıdır. Silindirlere gönderilen basınçlı yağ, piston alanı üzerinde etkili olarak silindirleri iter ya da geri çeker. Hidrolik silindir çeşitleri; tek etkili silindirler, çift etkili silindirler, teleskopik silindirler, yastıklı silindirler, tandem silindirler, çift kollu silindirler, döner silindirler ve özel silindirlerdir.

## Valfler

Valfler; hidrolik akışkanın akış yönünü belirleyen, akışkanın basıncını ve debisini istenilen sınırlar içinde tutan devre elemanıdır. Endüstriyel hidrolik uygulamalarında valfler doğrudan birbirlerine bağlanmamaktadırlar. Bu uygulamalarda, valf adaları, metal takozlar yardımıyla oluşturulmaktadır. Buna rağmen, mobil hidrolikte araçlardaki yer darlığı sebebiyle valfler doğrudan birbirlerine bağlanarak daha küçük hacimli konstrüksiyonlar oluşturulmaktadır. Valflerin seçiminde minimum seçim kriterleri olarak çalışma basıncı ve devre debisi esas alınır. Buna göre akış dirençlerini minimize edecek şekilde kataloglardan seçim yapılır. Çalışma basınçları valf gövdesinin dayanımına bağlı olarak belirlenir. Pnömatik sistemlerde basınçlar düşük olduğu için valf gövdelerinin yapımında alüminyum alaşımları gibi hafif malzemeler kullanılmakta iken, yüksek basınçlı hidrolik uygulamalarda çelik valf gövdeleri tercih edilmektedir.

Yangın kesme valfleri; hidrolik sistemde depo ile pompalar arasına yerleştirilen yangın kesme valflerinin kullanım amacı, uçak motorlarında yangın çıkması durumunda pompalara giden hidrolik sıvısının yolunu kesmektir.

Çek valfler; hidrolik sistemin bazı kısımlarında, hidrolik sıvısını basınç altında tutmak için kullanılır. Bu valfin en fonksiyonel özelliği tek bir taraftaki akışa izin vermesidir. Valf üzerindeki bir ok, valf sisteme takılırken akışın ne tarafa doğru olduğunu gösterir.

Kısıtlayıcılar; sistemdeki bazı kullanıcıların çalışma hızını yavaşlatmak için sisteme dâhil edilen, sıvı akışını kısıtlayan dar kanallardır.

Basınç düşürme valfleri; Normal sistem basıncından daha düşük bir basınç değeri altında çalışması gereken alıcıların çalıştırılması için kullanılır. Bu valfler ters akışa izin vermemektedir. Valf çıkış basıncı istenilen değere ayarlanabilir.

Emniyet valfleri; çalışmasında, istenilen limit basınç değerine göre ayarlanmış bir yayın bilye ya da popete kumanda etmesi söz konusudur. Sistemde aşırı basınç meydana geldiğinde popet veya bilye yay yükünü yener ve basınç hattı, sistem dönüşüne bağlanmış olur.

Öncelik valfleri; uçuş esnasında hidrolik sistemde meydana gelebilecek bir arızadan dolayı uçuşun düşük basınçlı bir hidrolik sistem ile bitirilebilmesi için birinci dereceden önemli alıcılarda basıncın kesilmesine engel olur. Otomatik çalışan bu valfler; acil durumlarda ikinci dereceden önemli hidrolik sistem alıcılarındaki basıncı keserek basıncı öncelikli kullanıcılar için muhafaza eder. Bu valf, daima hat üzerine kumanda valflerinden önce yerleştirilir.

Boşaltma valfi; boşaltma valfi, gerektiğinde hidrolik sistem elemanlarından hava veya sıvı çıkarmak için elemanların üzerine takılır.

Kaçak kontrol valfleri; hidrolik sistemle beslenen kullanıcılarda hidrolik kaçağı olup olmadığının kontrol edilmesini sağlar. Bu valfler genellikle eleman üzerine yerleştirilmişlerdir.

Numune alma valfleri; hidrolik sıvısının kontrollerinde örnek almayı kolaylaştıran musluklardır. Basınç hatları üzerinde kullanılır.

Kumanda valfleri; uçuş kompartımanından verilen kumandanın yerine getirilebilmesi için uçak hidrolik sistemlerdeki basınç ve dönüş hatlarını çalıştırma ünitesi portlarına bağlar ya da ayırır.

## Hidrolik Akümülatörler

Hidrolik Akümülatörler; gerektiğinde kullanılmak üzere basınçlı akışkanın depo eden ihtiyaç anında devreye giren hidrolik devre elemanlarına denir. Görevleri; hidrolik akıcıların çalışma basıncını düzenli bir seviyede tutmak, pompanın arızalanması durumunda anında devreye girerek sistemi belli bir süre beslemek, hidrolik devredeki kaçaklar nedeniyle meydana gelen basınç düşmesini ve akışkan eksilmesini engellemek ve ani yükselen akışkanın sıvısını soğutmaktır.

## Filtreler

Filtreler; Hidrolik elemanları aşınmadan korumak için akışkanın temizliğini sağlamak amacıyla kullanılır. Kirlilik boru, hortum gibi elemanları değiştirirken; yeni hidrolik akışkan konulmasından veya sızdırmazlık elemanlarının bozulması nedeniyle oluşabilir. Hidrolik elemanlarda izin verilen kirlilik değerini üretici firmalar kataloglarında belirtir. Mikron cinsindedir (1 mikron = 0.001 mm'dir). Kirlilik değeri, kirlilik

göstergesi kullanılarak ölçülmelidir. Buradan alınan değerlere göre filtre temizlenmeli ve kullanım ömrü dolanlar değiştirilmelidir. [2]

### **Havacılık Hidroliğinin Genel Hidrolik Sistemlerden Farkları**

Hidrolik sistem hava araçlarının temel sistemlerinden biri olmakla birlikte çok sayıda sistem ile ilişkisi bulunmaktadır. Hava araçlarının büyük bir kısmında hidrolik gücünden faydalanılmaktadır. Örnek vermek gerekirse; iniş takımı sistemi, fren sistemleri, uçuş kontrol sistemleri, steering sistemleri, kanopi sistemlerini faaliyetlerinde ve rotor kontrolü ve frenlemesi hava aracı kapılarının açılması ile iniş takımı kapaklarının açılması gibi işlemlerde hidrolik sistemlerinden yararlanılmaktadır.

Havacılık hidrolik sistemlerinde çevrimin kapalı olması zorunluluğu vardır. Rezervuar tipinin seçimi, hava araçlarında sürekli basınçlı yağ ihtiyacı olduğundan büyük önem arz etmektedir. Endüstriyel alanlarda kullanılan hidrolik ekipmanlarda boyut ve ağırlık sıkıntısı olmadığından dolayı havacılık hidroliği ile ayrışmaktadırlar. Havacılıkta kullanılan hidrolik ekipmanlarda hafiflik, yerleşime uygun boyutlar ve daha kompakt bir tasarım olması istenmektedir. Havacılık hidroliğinde tasarlanan sistemler ve sistemlerin çalışma prensiplerinden ötürü kullanılan yağ çeşitleri diğer alanlarda görev yapan hidrolik sistemler ile değişiklik göstermektedir. Havacılık hidrolik ekipmanlarında standartlara uygunluk büyük önem arz etmektedir. Standartlara uygunlukla birlikte kalifikasyon testleri ve sertifikasyon uçuş emniyeti için kritiklik taşımaktadır. Havacılık dışında kullanılan hidrolik ekipmanlar için de kullanılan standartlar bulunmaktadır fakat havacılıktaki standartlardan daha fazla toleransa sahip ve uyum gösterilmesi daha kolaydır. Havacılık hidrolik sistemlerinde kullanılan pompalar diğer alanlarda kullanılan hidrolik sistem pompalarından ayrışmaktadır. Havacılık hidroliğinde genellikle değişken deplasmanlı sabit basınçlı pompa kullanımına rastlanmaktadır. Havacılık hidrolik sistemlerinde kullanılan pompaların boyutları küçük olmasına rağmen çok yüksek devirler ile çalışması beklenmektedir. Bu devirleri sağlayabilmesi için de malzeme dayanımı, işleme toleransı vb. kriterleri oldukça kritiktir. Havacılık hidroliğinde maliyet etkin çalışmalardan ziyade sistemler emniyet üzerine kurulduğu için fazlasıyla güvenlik çalışması yapılmaktadır. Olası aksilik durumunda koşulsuz şartsız devreye girebilecek yedek sistemlerin de mevcut olması beklenmektedir ve bu minvalde çalışmalar yürütülmektedir. Havacılık hidrolik sistemlerinde çevrimin kapalı olması zorunluluğu vardır. Rezervuar tipinin seçimi, hava araçlarında sürekli basınçlı yağ ihtiyacı olduğundan büyük önem arz etmektedir.

Havacılık hidroliğinde kalifikasyon ve test faaliyetleri büyük önem arz etmektedir. Uçuşa elverişli ve güvenilir olabilmesi için hem ekipmanlara hem de sistemin tamamına uygulanması gereken birçok test bulunmaktadır. Ancak bu şekilde ekipman ve sistem güvenilirliği ispatlanmış olacaktır. Bu testlerden bir kısmı aşağıda açıklanmıştır: [3]

- **Fonksiyonellik ve Performans Testi (Functional Performance Test):** Ekipmanın gerekli işlevi yerine getirip getirmediği test edilmektedir. Ayrıca ekipmanın fonksiyonunu yerine getirirken, performansı da ölçülmektedir. Bu sayede ekipmanın gereksinimleri karşılayıp/karşılayamadığı değerlendirilmektedir.
- **Basınç Dayanım Testi (Proof Pressure Test):** Test kapsamında, ekipman çalışma basıncının 1,5 katı basınca çıkarılmaktadır. Statik durumda bu basınç belirli bir süre ekipmana uygulanmaktadır. Test statik durumda yapıldığından ve ekipmanın her yerini test etmek gerektiğinden valflerin değişik konumları, eyleyicilerin tüm portları vb. durumlar için bu test ekipman üzerinde birkaç kez tekrarlanabilir. Test esnasında ekipmanda herhangi bir dış kaçak ve ekipman üzerinde çatlak oluşmamalıdır. Test sonrasında ekipmanın normal şekilde çalışması ve istenilen performansta işlevini yerine getirmeye devam etmesi beklenmektedir.
- **Patlama Basınç Testi (Burst Pressure Test):** Test kapsamında, ekipman çalışma basıncının 2,5 katı basınca çıkarılmaktadır. Statik durumda bu basınç belirli bir süre ekipmana uygulanmaktadır. Test statik durumda yapıldığından, ekipmanın her yerini test etmek gerektiğinden valflerin değişik konumları, eyleyicilerin tüm portları vb. durumlar için bu test ekipman üzerinde birkaç kez tekrarlanabilir. Test esnasında ekipmanda herhangi bir dış kaçak ve ekipman üzerinde çatlak oluşmamalıdır. Bu test ekipmana zarar verebilecek bir test olduğundan dolayı, ekipman üzerinde son test olarak yapılmalıdır.
- **Ani Basınç Testi (Impulse Test):** SAE-ARP-1383 standardı kapsamında yapılan testte, 1-4 hz arasında test edilen ekipman çalışma basıncının 1,5 katına çıkartılıp, basınçsız duruma getirilerek test edilmektedir. Ekipmanın kullanım yerine göre en az 300,000 defaya kadar bu döngünün yapılması

gerekebilmektedir. Test statik durumda yapıldığından ve ekipmanın her yerini test etmek gerektiğinden valflerin değişik konumları, eyleyicilerin tüm portları vb. durumlar için bu test ekipman üzerinde birkaç kez tekrarlanabilir. Test esnasında ekipmanda herhangi bir dış kaçak ve ekipman üzerinde çatlak oluşmamalıdır.

Rekabetçi ve dünya çapında geçerliliği olan bir uçak için, uçakta kullanılan her ekipmanın ve sistemin belirlenmiş uluslararası standartlara uyma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu amaçla; SAE Aerospace ve MIL (US Military Specification) standartlarını uluslararası bütün büyük uçak ve ekipman üreticileri kılavuz olarak kullanmaktadır. Hidrolik dünyasına bakıldığında, sistem tasarlayan ve ekipman üreten uluslararası firmaların en ufak parçadan, en büyüğüne kadar ilgili standartlara uyumlu sistem ve ekipman geliştirmekte olduğu görülmektedir. O-ring'den pompaya, hidrolik yağdan eyleyiciye kadar bir hidrolik sistemi oluşturan her parça/ekipman için geliştirilmiş standart bulunmaktadır. Geçmişe baktığımızda standartlar ilk aşamada MIL standardı olarak kullanılmaya başlanmış olup, zaman içinde SAE bu standartları birebir alarak ufak düzenlemelerle SAE Aerospace standardı haline getirmiş ve uluslararası referans olarak bu standartların kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde uçak hidrolik sisteminin tasarımında çoğunlukla SAE Aerospace standartları kullanılmakta olup, bunlara ilave olarak hala kullanılan MIL standartları da bulunmaktadır [3]

Tasarım faaliyetleri esnasında sıkça kullanılan standartların bir kısmı örnek olarak Tablo 1'de verilmiştir:

Tablo 1. Havacılık Hidroliği Standartına Örnekler

SAE AS5440	Hydraulic Systems, Military Aircraft, Design and Installation, Requirements For
SAE ARP4752	Aerospace – Design and Installation of Commercial Transport Aircraft Hydraulic Systems
MIL-PRF-5503	Actuators, Aeronautical, Linear Utility Hydraulic
SAE AIR5005	Aerospace – Commercial Aircraft Hydraulic Systems
SAE AS8775	Hydraulic System Components, Aircraft and Missiles, General Specification For
SAE ARP994	Recommended Practice for the Design of Tubing Installations for Aerospace Fluid Power Systems
MIL-STD-5522	Test Requirements and Methods for Aircraft Hydraulic and Emergency Pneumatic Systems

### Havacılık Hidroliğinin Geldiği Nokta ve Ülkemizdeki Çalışmalar

Havacılık sektöründe hidrolik sistemleri konusunda dünya çapında kendini geliştirmiş ve ürün portföyü ve ekonomik olarak büyük hacimlere erişmiş firmalar bulunmaktadır. Eaton ve Parker başta olmak üzere sayıları çok fazla olmayan bu firmalar sektörü domine etmektedir. İlerleyen bölümde sektörün liderleri olan Eaton ve Parker firmalarını biraz yakından inceleyelim.

Eaton Corporation, İrlanda merkezli ABD'de kurulmuş yıllık satış geliri yaklaşık 20 milyar dolar olan çokuluslu bir şirkettir. Eaton, havacılıkta Dünya lideri olmakla birlikte önde gelen yenilikçi şirketlerdendir. Sektörün en gelişmiş ürünlerini ve teknolojilerini tasarlar, üretir ve entegre eder. Ürün geliştirme faaliyetlerini ağırlık olarak hidrolik sistemler, yakıt sistemleri, hareket kontrol edicileri ve motor çözümleri üzerine yapmaktadırlar. Eaton tarafından gerçekleştirilen ürün geliştirme faaliyetlerinde yüksek standartlar baz alınarak, gelişmiş güvenilirlik, hafiflik ve yakıt verimliliğine odaklanılmaktadır. Eaton, yeni nesil uçak tasarımları için yeni teknolojiler geliştirirken günümüzün endüstri ihtiyaçlarına yönelik çözümleri özelleştirmek için gereken kaynaklara ve yeteneklere sahip şirketlerdendir.

Eaton firmasına kendi açımızdan bakacak olduğumuzda; hidrolik güç üretimi, sıvı dağıtım bileşenleri ve sistemlerinin önde gelen küresel tedarikçisidir. Dünyanın en kapsamlı sistem portföyü, standart ve yüksek basınçlı motorla çalışan pompaları, motorla çalışan jeneratörleri, AC / DC elektrik motorlu pompaları, hidrolik güç aktarım ünitelerini, sıvı kontrol bileşenleri ve sistemlerini ve çok çeşitli sıvı dağıtım hortumlarını içerir. Borular, bağlantı parçaları, kaplinler, konektörler ve kelepçelerin tümü müşteri gereksinimlerini aşacak şekilde tasarlanmıştır.

Parker Hannifin Corporation, 1917'de kurulması ile birlikte havacılık, iklimlendirme, elektromekanik, filtrasyon, sıvı ve gaz işleme dahil olmak üzere hareket kontrol teknolojilerinde Dünya'nın en büyük şirketlerinden biridir. Parker'ın, Dünya çapında yaklaşık 58.000 çalışını bulunmaktadır.

Parker Hannifin'in havacılık bölümü olan Parker Aerospace, havacılık ve diğer yüksek teknoloji pazarları için uçuş kontrolü, hidrolik, yakıt ve inerting, sıvı aktarımı, termal yönetim ve motor sistemleri ve bileşenlerinin araştırılması, tasarımı, üretimi ve hizmetinde sayılı firmalar arasındadır. Ayrıca uçak üreticilerine, yakıt sistemi bileşenleri ve yüksek sıcaklıklı hava tahliye vanaları dahil olmak üzere uçak parçaları sağlayan bir tedarikçidir.

Hava araçlarında kullanılan hidrolik sistemlerinde gereksinimlerden dolayı teknolojik eğilim belirli periyotlar ile değişebilmektedir. Günümüzde birçok teknolojinin ilerlemesi ve bu teknolojilerin ortaklaşa kullanımı hidrolik sistemini de etkilemiştir. Hidrolik sistemlerin elektrik gücü ile desteklendiği durumda daha güvenilir ve verimli hale geldiğini gösteren çalışmalar bulunmaktadır.

Örnek olarak Elektro-Hidrostatik aktüatörleri ele alacak olursak; bu aktüatörlerin olduğu sistemlerde hidrolik sistemleri yalnızca elektrikle çalışan bağımsız aktüatörlerle değiştirilir. EHA'lar ayrı hidrolik pompa ve boru tesisatı ihtiyacını ortadan kaldırarak sistem mimarilerini basitleştirir bileşenin emniyetini ve güvenilirliğini artırır. EHA teknolojisinin ilerlemesine yol açan birincil gelişme, hassas geri besleme kontrollü geleneksel motor veya yüksek güçlü kademe motorudur. Kademeli motorlar, her enerji uygulamasında sabit bir açıyı hareket ettirmek için tasarlanmıştır ve bunu son derece hassas bir şekilde tekrar tekrar yapabilme özelliğine sahiptir. Her iki tip motor sürücü de yıllardır kullanılmaktadır. Hareket kontrol donanımları ve sayısal kontrol tezgahları üzerindeki kontrolleri güçlendirmeyi sağlarlar. Bir EHA ile, bu motorların yüksek güçlü versiyonları, bir hidrolik silindire bağlı bir ters çevrilebilir pompayı çalıştırmak için kullanılır. Pompa, tipik olarak hidrolik yağ olan bir çalışma sıvısına basınç uygular, doğrudan silindirdeki basıncı yükseltir ve hareket etmesine neden olur. Pompa, silindir ve bir hidrolik sıvı deposundan oluşan tüm sistem tek bir bağımsız birim halinde paketlenmiştir.

Harici bir hidrolik kaynak tarafından sağlanan kontrolleri hareket ettirmek için gereken enerji yerine, bir fly-by-wire sisteminde bulunabilecek olandan daha büyük kablolama olsa da, normal elektrik kabloları üzerinden sağlanır. Hareketin hızı, darbe kod modülasyonu kullanılarak kontrol edilir. Sonuç, hem kontrolün hem de enerjinin tek bir kablo seti aracılığıyla gönderildiği bir "güç-kablo" sistemidir. Böylelikle, yüzey başına bu tür iki birim ve iki elektrik teli seti kullanılarak fazlalık sağlanabilir. Bu, harici bir hidrolik kaynak kullanan karşılık gelen sistemlerden çok daha basittir. Ek olarak, EHA sadece hareket halindeyken güç çekmesi avantajına sahiptir, motor durduğunda basınç dahili olarak korunur. Bu, hidrolik pompaların sürekli çekilmesini ortadan kaldırarak uçakta güç kullanımını azaltabilir. EHA'lar ayrıca ağırlığı azaltır, azaltılmış iç boru yönlendirmesi nedeniyle daha iyi düzene izin verir ve kontrol sisteminin toplam ağırlığını düşürür.

Ülkemizde otomotiv sektörü ve diğer tüm endüstriyel alanlarda hidrolik üzerine oldukça kapsamlı çalışmalar bulunmaktadır. Havacılık sektörü için hali hazırda mevcut bulunan firmalarımızın sertifikasyon ve tasarım kabiliyetlerinin eksik olduğu görülmektedir. İlk etapta tüm sistem üzerine çalışmak yerine alt bileşen olarak değişken debili hidrolik pompa, transmisyon yağlama pompaları ve eyleyiciler için yetkin firmalar ile yakın çalışmalar yürütülerek havacılığa uygun kabiliyet kazanılması için firmalar desteklenmelidir.

Hidrolik sistemler alanında birçok yerli firma ülkemizde aktif olarak çalışmalar yürütmektedir. Aynı zamanda üniversiteler ve enstitülerde hidrolik konusu üzerine yürütülen projeler oldukça fazladır. Ülkemizdeki hidrolik altyapısı ve birikmiş bilgi birikiminin doğru yönlendirmeler ile havacılık sektörüne aktarımının sağlanması ve firmalarımızın bu konuda desteklenmesi gerekmektedir. Havacılık hidroliği global piyasada büyük bir paya sahiptir ve birkaç firmanın domine etmesi ile devam etmektedir. Ülkemizde gerek üretim gerekse bakım konusunda ihtiyaç duyulan hidrolik sistem parçaları için dahi hatırı sayılır derecede bir pazar ortaya çıktığı görülmektedir. Yerli firmalarımıza bu bilinci aşılacak ve gerekli devlet destekleri ile hidrolik sistemler konusunda uluslararası oyuncu oluşturmak için stratejiler oluşturmaya devam edilmelidir.

Hali hazırda hemen hemen bütün endüstriyel ve mobil hidrolik ekipmanlarının üretilebildiği ülkemizde, uçak hidrolik sistem ekipmanlarını üretebilmek adına atılmasının uygun olacağını değerlendirdiğimiz adımlar aşağıda sıralanmıştır:

- Uçak hidrolik sistemlerine ait bilgi birikiminin artırılması,
- Hidrolik sistem analizi ve simülasyonu konusunda tecrübenin artırılması,
- Uçak hidrolik sistemleri alanında ulusal standartların oluşturulması, uluslararası standartların kullanımının yaygınlaştırılması,
- Yüksek hassasiyette üretim imkanlarının geliştirilmesi,
- Genel hidrolik sistemler üzerine çalışan yerli firmaların havacılık hidroliğine teşvik edilmesi,
- Hidrolik kalifikasyon testleri için altyapı oluşturulması ve yatırım yapılması,
- Çevresel kalifikasyon testleri için test altyapısı oluşturulması ve yatırım yapılması.

## SONUÇ

Ülkemizde henüz üretilmeyen uçak hidrolik sistem ekipmanlarının tamamı yurtdışından temin edilmektedir. Ülkelerin uyguladıkları lisans politikaları nedeniyle çeşitli dönemlerde ve/veya ilgili platformun kullanım amacına bağlı olarak ekipman temininde sıkıntılar yaşanabilmektedir. Tüm bu olumsuzlukların önüne geçmek adına, ülkemizde de bu ekipmanların üretimine başlanması ve gerekli altyapıların oluşturulması gelecek için çok önemli bir adım olacaktır. Son yıllarda Türkiye’de hızla büyüyen havacılık sektöründe, hidrolik sistem ekipmanlarını milli imkânlarla üretebilmek gelecekte yapılması planlanan projelerdeki başarıyı arttıracak ve ülkemize önemli bir katma değer sağlayacaktır. [4]

## KAYNAKLAR

- [1] ÜÇÜNCÜ, Y. K. (2016). HİDROLİK VE PNÖMATİK SİSTEMLER. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- [2] TEMEL UÇAK SİSTEMLERİ. (2012). Ankara: T.C. Milli Eğitim Bakanlığı (MEGEP).
- [3] ORBAY, KAN, N. G., A. E. (2014). Uçak Hidrolik Sistemleri Tasarım Faaliyet Süreçleri. HPKON.
- [4] ÖZDEMİR, O. (2019). SAVUNMA SANAYİNDE YERLİLEŞTİRME VE MİLLİLEŞTİRME: STRATEJİK BAKIŞ VE YOL HARİTASI HAZIRLAMA METODOLOJİSİ. I. Uluslararası Bilim ve İnovasyon Kongresi.

## Kemik doku mühendisliğinde kullanılan nanoparçacıklar ve kompozit malzemeler

Nurşah KÜTÜK (ORCID: (0000-0001-5799-3865))

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail:nursahkutuk@hotmail.com

### Özet

Milyonlarca insan her yıl kırıklar, kanser veya farklı hastalıklar nedeniyle kemik kusurlarıyla ve işlev kaybı ile karşılaşır. Kemik doku mühendisliği vücutta bulunan kemik yapısını taklit edebilen malzemeler ile ilgilenir. Kemikğin inorganik yapısı hidroksiapatit olup, yapısı yaş, cinsiyet, bulunduğu bölge gibi koşullara bağlı olarak farklılık gösterebilir. Günlük aktiviteler sırasında tendonlar 40-80 MPa değerinde gerilmeye maruz kalırken, kalça eklemine ortalama yük vücut ağırlığının üç katına kadar çıkabilir. Bu nedenle seçilecek olan biyomalzeme, kullanılacağı bölgenin mekaniksel dayanımını karşılamalı, biyouyumlu ve biyobozunur bir malzeme olmalı, bozunma ürünleri sitotoksik olmamalı ve yapısal bütünlüğü korumalıdır. Bu çalışmada son yıllarda kemik doku mühendisliğinde başarı göstermiş bazı nanoparçacıklar ile biyoaktif seramikler ve doğal biyomalzemeler sahip oldukları özellikler esas alınarak avantaj ve dezavantajları araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kemik doku mühendisliği, biyomalzemeler, kompozitler, nanoparçacıklar

### Nanoparticles and composite materials used in bone tissue engineering

#### Abstract

Millions of people experience bone defects and loss of function each year due to fractures, cancer or other diseases. Bone tissue engineering deals with materials that can mimic the bone structure found in the body. The inorganic structure of the bone is hydroxyapatite, and its structure may differ depending on the conditions such as age, gender and region. During daily activities, tendons are subjected to a stress of 40-80 MPa, while the average load on the hip joint can be up to three times the body weight. Therefore, the biomaterial to be selected must meet the mechanical strength of the area to be used, must be a biocompatible and biodegradable material, its degradation products must not be cytotoxic and preserve structural integrity. In this study, the advantages and disadvantages of some nanoparticles, bioactive ceramics and natural biomaterials that have been successful in bone tissue engineering in recent years were investigated based on their properties.

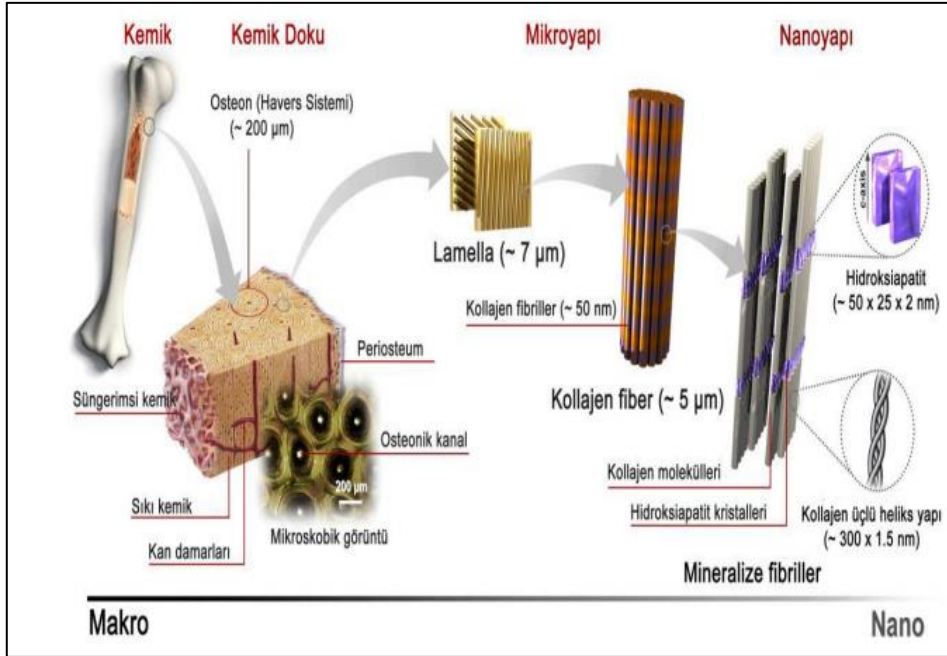
**Keywords:** Bone tissue engineering, biomaterials, composites, nanoparticles

### GİRİŞ

İnsan vücudunda günlük hareketler sırasında kemikler önemli mekaniksel dayanıma sahiptir. Tendonlar 40-80 MPa değerinde gerilmeye maruz kalırken, kalça eklemine ortalama yük vücut ağırlığının 3 katına, kişinin sıçraması gibi egzersiz hareketlerinde ise bu yük 10 katına kadar çıkabilir. Ayakta durma, koşma, yürüme, egzersizler ya da hafif spor hareketleri gün içinde tekrarlanır ve biyomalzemelerin çatlamasına, yorulmasına ve plastik deformasyonunun ortaya çıkmasına neden olur (Güven, 2010). Kemik organı omurgalı hayvanların iskelet sistemini oluşturan kemik dokusu, kemik iliği, endosteum, periosteum, kırıkta, sinirler ve vasküler kanallardan oluşan sert bir yapıdır. Pek çok mekanik işlevi yerine getiren kemik dokusunun bileşimi, bireyin yaşı, cinsiyeti, anatomik konumu gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Kemik kalsiyum fosfattan oluşan ve hidroksiapatit ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) adı verilen mineral bir fazdır. Hidroksiapatitin kimyasal bileşimindeki farklılıklar, yapının fiziksel özelliklerini ve çözünürlüğünü değiştirir. Mineral faz ağırlıkça %60-70, su ağırlıkça %5 ila 10 arasındadır. Kalan kısım ise kolajen ve diğer proteinlerin organik bir bileşimidir (Velasco ve ark., 2015). İskelet sistemimizde uzuvlarda bulunan uzun kemikler, bileklerdeki kısa kemikler, kafatasındaki düz kemikler, pelvis ve omurda bulunan düzensiz kemiklerin sayıldığı 206'dan fazla kemik bulunmaktadır. Kemikler ya kompakt bir şekilde ya da süngerimsi bir modelde varlık gösterir (Stevens, 2008). Travmatik yaralanma, sakatlanma, dejeneratif hastalık, tümörlerin cerrahi işlemle çıkarılması, iyileşme sağlanması için gereken klinik müdahaleler kemik yokluğuna ya da kusurlarına yol açabilir (Koons ve ark., 2020). Kemik doku mühendisliğinde kemik yapısını taklit eden biyouyumlu, biyobozunur, dirençli ve sağlam malzeme ihtiyacı günümüzde devam etmektedir. Bu çalışmanın amacı kemik doku mühendisliğinde son yıllarda önem kazanan kompozitler, nanoparçacıklar, biyoseramikler ve kullanılan pek çok polimerin özellikleri ve kullanım yeri hakkında bilgi vermektir.

## MATERYAL VE METOD

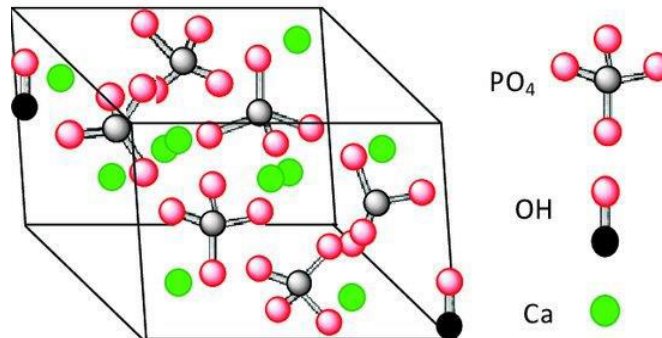
Kemik doku mühendisliği ve biyomalzeme kullanımı uzun yıllardır bilim dünyasında varlığını hissettirmektedir. İnsan vücudunda kullanılan ilk metal 1938 yılında üretilen vanadyum çeliğidir. Kemik kırıklarında plaka ve vida olarak kullanılmıştır. Günümüzde ise pek çok farklı malzeme kullanılmaktadır. İskelet sisteminde ve kırıklarda titanyum ve titanyum-alüminyum alaşımları, kemik doku malzemesi olarak hidroksiapatit ve polimetilmetakrilat (PMMA) kullanılmaktadır (Pasinli, 2004). Şekil 1’de kemik yapısı görsel olarak verilmiştir.



Şekil 1. Kemik yapısı (Topaloğlu ve ark., 2017)

Nanoparçacıkların boyutları 1 ile 100 nm aralığında değişir. Malzemelerin özellikleri nano boyuta indirgendikçe değişiklik gösterebilir (Divya ve ark. 2018). Kemik doku mühendisliğinde özellikle diş hekimliği alanında karbon nanotüp, grafen, hidroksiapatit, zirkonyum, titanyum, gümüş, silika ve demir oksit gibi pek çok nanoparçacık kullanılmaktadır (Priyadarsini ve ark. 2018). Manyetik nanoparçacıklar kemik dokusu için önemli bir potansiyele sahiptir. Manyetik nanoparçacıklar kök hücreler, doku iskelesi ve büyüme faktörlerini yenilemeye ve değiştirmeye yardımcı olurlar. Manyetik alan ilaç hedeflemeye de yardımcı olduğundan iyileştirici etkisi bulunmaktadır (Xia ve ark. 2018).

Polimerler, seramikler ya da onların farklı kombinasyonlarının, membran ya da üç boyutlu iskele gibi şekilleri doku mühendisliği için önemlidir. Çünkü bu malzemeler mekanik dayanım, hücre çoğalması, bağlanması için uygun ortam hazırlama ve hücre dışı matrisi taklit yeteneği gibi anahtar niteliğinde özellikler taşımaktadır (Koons ve ark., 2020). Ortopedide kemik yerine kullanılan seramikler, hidroksiapatit, trikalsiyum fosfat ya da cam kökenlidir. Hidroksiapatit insan kemiği ve dişini oluşturan ana inorganik bileşendir (Evcin ve ark. 2019).

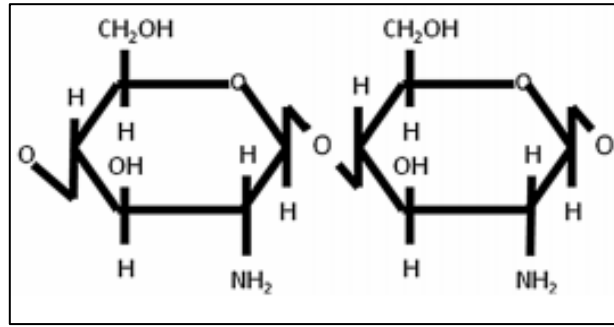




Şekil 2. Hidroksiapatit kristal yapısı (Evcin ve ark 2019)

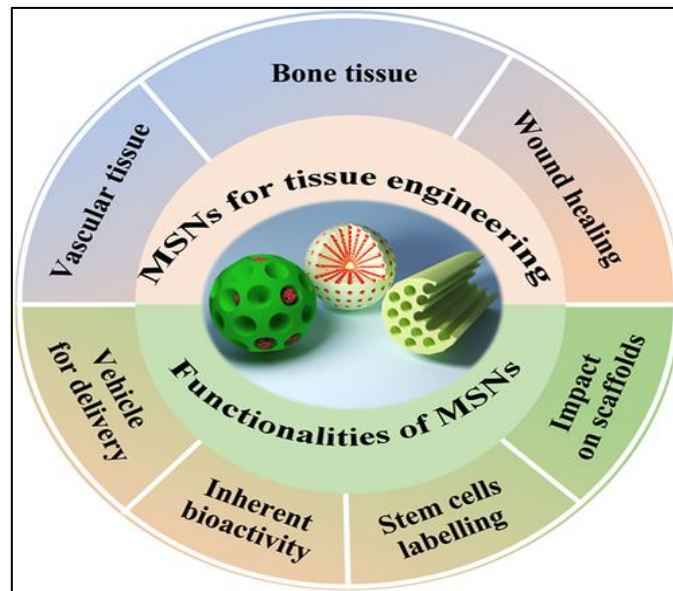
Önemli kompozit malzemelerden biri genellikle inşaat ve yapı sektöründe kullanılan jeopolimerlerdir. Jeopolimer malzemesi sodyum hidroksit (NaOH), potasyum hidroksit (KOH), sodyum silikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), potasyum silikat ( $\text{K}_2\text{SiO}_3$ ) gibi güçlü alkali çözeltilerin alümina silikat reaktif malzemelerle karıştırılmasından sentezlenir [Somna, 2011]. Jeopolimerler uçucu kül, kalsine kaolin ve yüksek fırın cürufu, puzolan [Elimbi ve ark., 2011] gibi silika, alümina içeren hammaddelerden yapılıdır (Phoo-ngernkham ve ark., 2014). Jeopolimer köpüklerin biyomalzeme olarak kullanımını araştıran bir çalışmada %71 gözenekliliğe ve 3.5 MPa basma dayanımına sahip köpük SBF (simulated body fluid) fizyolojik çözeltilisine koyularak özellikleri incelenmiştir. Fizyolojik çözeltide Na ve Si faydalı iyon salımı gözlenmiş ve köpük üzerinde apatit oluşumu ortaya çıkmıştır (Sayed, ve ark. 2020). Jeopolimerlerin antibakteriyel özellikleri ve biyoyumluluk biyo dağılıbilirlik gibi özellikleri son yıllarda araştırılmaktadır. Biyomalzeme olarak kullanımının araştırılmasının nedeni basma dayanımının çok yüksek olmasıdır.

Şekil 3’de kimyasal yapısı verilmiş olan kitosan kitinin deasetilasyonu ile türetilen bir biyopolimerdir. Kitosan nanopartiküller, kitosan özelliklerine, yüzey ve arayüz etkisi, küçük boyut ve kuantum boyut etkileri gibi nanopartikül özelliklerine sahiptir. Doğal bir polisakkarit olan kitosan biyobozunur ve biyoyumlu özellikleri nedeniyle tane, jel, nanoparçacık, iskele gibi farklı formlarda işlenebilir. İlaç salımı, doku mühendisliği ve yara iyileştirme uygulamalarında kullanılır. Kitosan biyolojik özelliklerinden dolayı transmukozal geçirgenliği arttırabilir (Divya ve ark. 2018).



Şekil 3. Kitosan yapısı (Divya ve ark. 2018).

Kolajen, hyalüronik asit, polilaktik asit (PLA), poliglikonik asit (PGA), polivinilklorür (PVC) sık kullanılan biyopolimerlerdir. Bu polimerler çoğu zaman kompozit oluşturmak için kullanılmaktadır. Özellikle PLA biyoyumlu, biyobozunur ve termal plastisite gibi özellikleri nedeniyle doku mühendisliğinde tercih edilmektedir (Terzioğlu ve ark. 2017).



Şekil 4. Mezogözenekli silika nanoparçacık [Chen, 2019]

Son zamanlarda mezogözenekli nanoparçacıklar (MSN), düşük sitotoksiteleri, yüksek gözeneklilikleri, yüksek mekanik güçleri, maliyetleri ve biyoyumlulukları nedeniyle kemik dokusu mühendisliği için yararlı özellikler göstermiştir. Kristallik, MSN'lerin biyolojik tepkileri ve aktivitelerinde anahtar rol oynayan kritik bir özelliğidir. Pek çok rapor, MSN'lerin düşük kristal yapısının biyolojik aktiviteleri ve biyolojik olarak parçalanabilirliği arasında doğrudan bir ilişki olduğunu göstermiştir (Eivazzadeh-Keihan ve ark. 2020). MSN'lerin doku mühendisliğindeki kullanım alanları Şekil 4'de gösterilmiştir.

## SONUÇ

İnsanların karşılaştığı kaza, yaralanmalar veya çeşitli hastalıklar nedeniyle meydana gelen organ ve kemik kusurları ya da yokluğu kişisel yaşamı derinden etkileyen bir durumdur. Kemik doku mühendisliği bu nedenle vücuttaki kemik yapısını taklit edebilecek biyoyumlu, biyodağılabilir malzeme tasarımı ile ilgilidir. Metal nanoparçacıklar, seramikler, çeşitli kompozitler, organik ya da inorganik polimerler amacına uygun şekilde geliştirilerek kullanılmaktadır. Günümüzde bu malzemelerin kişinin yaşam kalitesini arttırmak amacıyla geliştirilmesine olan gereksinim devam etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Chen L, Zhou X, He C 2019. Mesoporous silica nanoparticles for tissue-engineering applications, *Nanomedicine and Nanobiotechnology*, 11; (6)
- Divya K, Jisha MS 2018. Chitosan nanoparticles preparation and applications. *Environmental Chemistry Letters*, 16:101–112
- Eivazzadeh-Keihan R, Chenab, KK, Taheri-Ledari, R, Mosafer, J, Hashemi, SM, Mokhtarzadeh, A, Maleki, A, Hamblin, MR 2020. Recent advances in the application of mesoporous silica-based nanomaterials for bone tissue engineering, *Materials Science & Engineering C*, 107:110267
- Elimbi A, Tchakoute D, Njopwouo D 2011. Effects Of Calcination Temperature Of Kaolinite Clays On The Properties Of Geopolymer Cements. *Construction and Building Materials*, 25: 2805-2812
- Evcin A, Özdem MF 2019. Cam Fiberle Güçlendirilmiş Hidroksiapatit Üretimi, *AKÜ FEMÜBİD*, 19, 170-176
- Güven ŞY 2010. Ortopedik Malzemelerin Biyoyumlulukları Ve Mekanik Özelliklerine Göre Seçimi, 2. Ulusal Tasarım malat ve Analiz Kongresi, 472-484, Balıkesir, Türkiye
- Koons GL, Diba M., Mikos AG 2020. Materials design for bone- tissue Engineering. *Nature Reviews Materials*, 5:584-603
- Pasinli, A. (2004). Biyomedikal Uygulamalarda Kullanılan Biyomalzemeler, *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4: 25-34
- Phoo-ngernkham T, Chindaprasirt P, Sata V, Hanjitsuwan S, Hatanaka S 2014. The effect of adding nano-SiO<sub>2</sub> and nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on properties of high calcium fly ash geopolymer cured at ambient temperature. *Materials and Design*, 55: 58–65
- Priyadarsini S, Mukherjee S, Mishra M 2018. Nanoparticles used in dentistry: A review. *Journal of Oral Biology and Craniofacial Research*, 8: 58–67
- Somna K 2011. NaOH-activated ground fly ash geopolymer cured at ambient temperature, *Fuel*, Vol. 90, 2118-2124
- Stevens, M 2008. Biomaterials for bone tissue engineering. *Materials Today*, 11(5): 18-25
- Sayed M, Gado RA, Naga SM, Colombo P, Elsayed H 2020. Influence of the thermal treatment on the characteristics of porous geopolymers as potential biomaterials. *Materials Science & Engineering C*, 116; 111171
- Terzioğlu P, Kalemtaş A 2017. Kemik Doku Mühendisliği Uygulamaları için Polilaktik Asit-Hidroksiapatit Kompozitler
- Topaloğlu U, Ketani MA, Güney Saruhan B 2017. Kemik Doku ve Kemikleşme Çeşitleri. *Dicle Üniv Vet Fak Derg*, 10(1):62-71
- Velasco M, Narvaez-Tovar C, Garzón-Alvarado D 2015. Design, Materials, and Mechanobiology of Biodegradable Scaffolds for Bone Tissue Engineering. *BioMed Research International*, 2015:729076
- Xia Y, Sun J, Zhao L, Zhang F, Liang X, Guo Y, Weir M, Reynolds M, Gu N, Xu H 2018. Magnetic field and nano-scaffolds with stem cells to enhance bone regeneration. *Biometaterials*, 183, 151-170

## Kanser tedavisinde kalsiyum fosfat nanoparçacıkların kullanımı

Nurşah Kütük (ORCID: (0000-0001-5799-3865))

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

Sorumlu yazar e-mail:nursahkutuk@hotmail.com

### Özet

Kanser, bir organ veya dokudaki hücrelerin kontrolsüz bir şekilde bölünüp çoğalmasıyla oluşan tümörlerdir. Kanser hücresi bulunduğu tümörden ayrılarak kan ya da lenf dolaşım sistemiyle vücudun farklı bölgelerine gidebilir ve yayılarak büyüyebilir. Kemoterapi, radyoterapi ve cerrahi gibi farklı tedavi yöntemlerinin ciddi yan etkileri olduğu bilinmektedir. Bu nedenle araştırmacılar tanı ve tedavi için yeni yaklaşımlar bulmaya yönelmiştir. Nano boyuttaki malzemeler ise büyük yüzey alanı ve kuantum etkisi gibi sahip oldukları pek çok farklı özellik nedeniyle son yıllarda kanser tedavisi için etkin kullanılmaktadır. Nanoparçacık temelli kanser tedavilerinde tümörlü bölgeye ulaşımın daha yüksek oranda olduğu bilinmektedir. Kalsiyum fosfat, kemik yapısının ve diş minesinin büyük bir kısmını oluşturan biyoyumlu, biyodağılılabılır inorganik bir mineraldir. Kalsiyum fosfat nanoparçacıklar nükleik asitler, ilaçlar, proteinler ve enzimler gibi terapötik ajanları tümör hücrelerine aktarmak için etkili iletim araçları olarak kullanılabilir. Bu çalışmada kalsiyum fosfat nanoparçacıkların tümör hücrelerine antikanser ilacı dağıtımındaki avantaj ve dezavantajlar araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kalsiyum fosfat, nanoparçacık, kanser tedavisi, ilaç salımı

### Use of calcium phosphate nanoparticles in cancer treatment

#### Abstract

Cancer is a tumor that occurs when cells in an organ or tissue divide and multiply uncontrollably. Cancer cells can separate from the tumor where they are located, go to different parts of the body via the blood or lymph circulatory system and spread and grow. It is known that different treatment methods such as chemotherapy, radiotherapy and surgery have serious side effects. For this reason, researchers have turned to finding new approaches for diagnosis and treatment. Nano-sized materials, on the other hand, have been used effectively for cancer treatment in recent years due to their many different properties such as large surface area and quantum effect. It is known that access to the tumor area is higher in nanoparticle-based cancer treatments. Calcium phosphate is a biocompatible, biodegradable inorganic mineral that forms a large part of bone structure and tooth enamel. Calcium phosphate nanoparticles can be used as effective delivery vehicles to transfer therapeutic agents such as nucleic acids, drugs, proteins, and enzymes to tumor cells. In this study, the advantages and disadvantages of calcium phosphate nanoparticles in anticancer drug delivery to tumor cells were investigated.

**Keywords:** Calcium phosphate, nanoparticle, cancer treatment, drug release

#### GİRİŞ

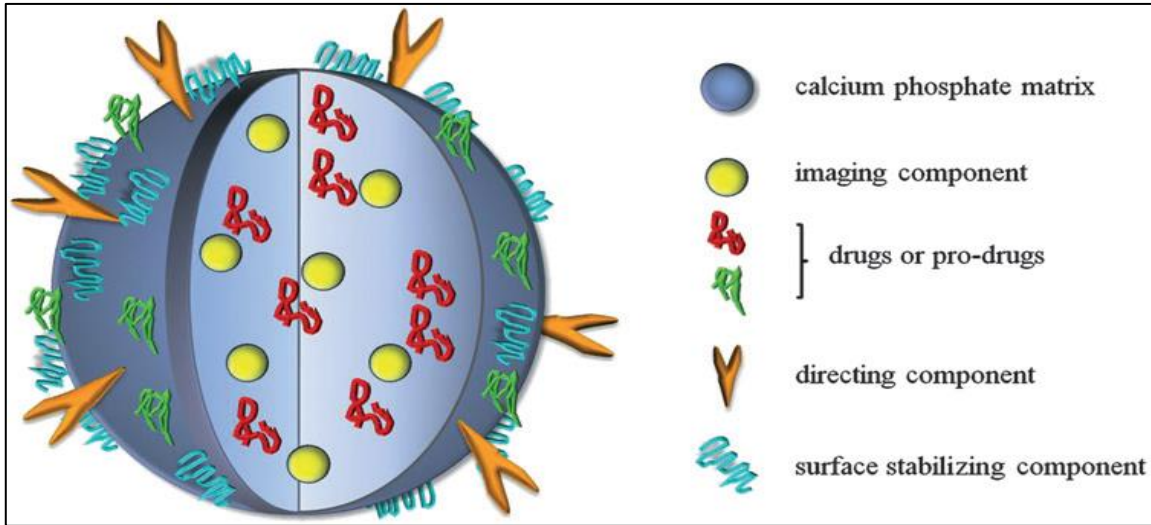
Kanser her yıl milyonlarca insanın yakalandığı hücrelerin kontrolsüz bir şekilde bölünmesiyle tümör hücrelerinin oluştuğu ölümcül bir hastalıktır, kemoterapi, radyoterapi, kök hücre tedavisi, hormonal tedaviler yada cerrahi işlemle tümörün çıkarılması gibi tedavi yöntemleri sağlıklı hücrelerinde ölümüne sebep olduğundan hastada pek çok yan etkiye sebep olur. Bu nedenle, biyolojik engellerin üstesinden gelebilen, kötü huylu ve iyi huylu hücreleri ayırt edebilen, kanserli dokuları seçici olarak hedefleyebilen, tanı ve tedavide başarılı ve yüksek verimli terapötiklerin geliştirilmesi gerekmektedir (Baykara, 2016; Sun ve ark. 2014).

Kalsiyum fosfat kemiklerin yapısında doğal olarak bulunan, biyoyumlu, biyodağılılabılır ve toksik olmayan bir malzeme olarak medikal uygulamalarda kullanılmaktadır (Kolenda ve ark., 2020; Syukkalova ve ark., 2020; Bakan ve ark., 2017). Kalsiyum fosfatlar (CaP) gibi biyoseramikler, ilaçlar, antijenler, enzimler ve proteinler için bir taşıyıcı olarak kullanım için uygun başka bir malzeme sınıfını temsil eder (Cheng ve ark., 2007). Ayrıca, iyonlara karşı karakteristik bozunması tüm hücrelerde mevcuttur ve hücre dışı sıvılar, onu

terapötik küçük moleküller ve genler için güvenli ve uygun bir hücre içi dağıtım sistemi haline getirir. Negatif yüklü nükleik asitler, kalsiyum iyon şelasyonu ile yüksek afinite ile CaP nanopartiküllerine bağlanabilir ve sonuç olarak endonükleazlar tarafından bozulmadan korunur (Bakan ve ark., 2017). Kalsiyum fosfat nanopartikülleri, hücreler tarafından mikropinositozla alınır ve ardından lizozomlarda çözülür. Bununla birlikte, hücre dışı kalsiyum konsantrasyonu, kalsiyumun hücre dışına hızlı atılımı nedeniyle normal aralıkta kalır (Sokolova ve ark., 2018). Bu çalışmada kalsiyum fosfat nanoparçacıkların kanser tedavisinde kullanılabilirliği, konuyla ilgilenen çalışmalara dayanarak araştırılmıştır.

## MATERYAL VE METOD

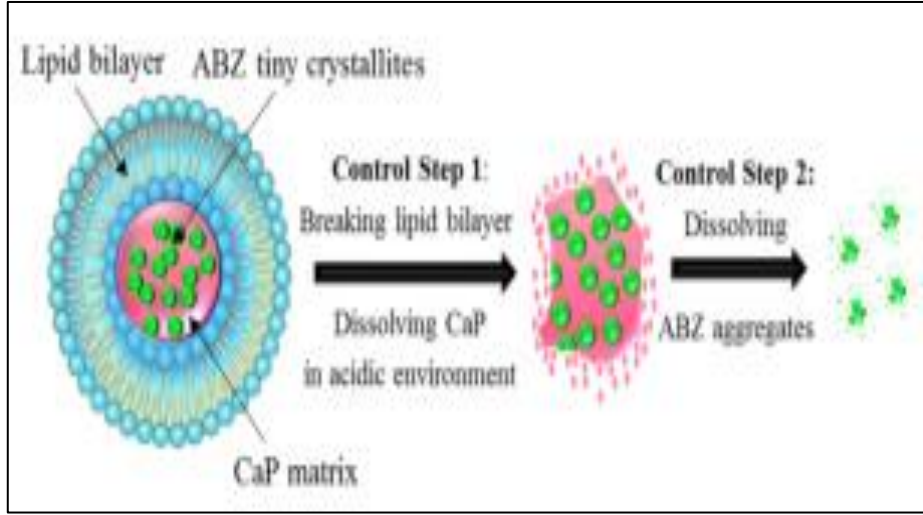
CaP nanoparçacıkların kanser tedavisinde ilaç taşıyıcı ajan olarak farklı kanser türlerinde kullanılmıştır. Bu nedenle kullanılan antikanser ilaçları ve ilaç dağıtım sistemleri farklılık göstermektedir. Şekil 1'de CaP nanoparçacık sistemi kullanıldığında biyogörüntüleme ve ilaç salımı için örnek görsel Şekil 1'de verilmiştir. Cheng ve arkadaşlarının (2007) yaptığı bir çalışmada, nano boyuttaki kalsiyum fosfat kristalleri antikanser ilacının (Cisplatin) kontrollü bir şekilde yüklenip salınması için kullanılmıştır. İn vitro çalışmalar insan yumurtalık kanser hücresi kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar yüksek yüzey alanına sahip CaP nanoparçacıkların yüzeyinde antikanser ilacının adsorbe olarak yüklendiğini ve pH 7.4'de ve 37 °C'de salındığını rapor edilmiştir. İlk gün ilaç salımı çok hızlı şekilde ve ardından test edilen süre boyunca (16 gün) daha yavaş, ancak sürekli bir ilaç salımı gözlenmiştir. Sitotoksikite testleri sonucunda CaP nanoparçacıkların toksik özellik göstermediği gözlenmiştir (Cheng ve ark., 2007).



**Şekil 1.** Kalsiyum fosfat nanoparçacığının görüntüleme ve ilaç salımı için şematik görüntüsü (Epple, 2010)

Kalsiyum fosfat nanoparçacıkların Cisplatin ilacıyla kaplandığı bir çalışmada polimer matriksi olarak polietilen glikol-polilaktik asit (PEG-PAA) kullanılmıştır. Elde edilen ürünün fizikokimyasal özellikleri ve yapısı incelenmiştir. Kullanılan Cisplatin miktarının yükleme ve salım kapasitesi için önemli olduğu belirlenmiştir. Kalsiyum fosfat nanoparçacıkların kanserli hücrelerde Cisplatin ilacının birikmesine karşı mücadele yeteneğinin olduğu görülmüştür. Yükleme ve salım işlemlerinin umut verici olduğu sonucuna varılmıştır (Ding ve ark., 2017).

Deri tümörü (cilt kanseri) tedavisi için iki tabakalı lipid ile kaplanmış kalsiyum fosfat (LCP) nanoparçacıkları Albendazole (ABZ) kristal ilacınınin yüklenme ve pH-duyarlı (5, 6, 7.4) salım işlemi için kullanılmıştır. LCP-ABZ nanoparçacıklar için kanser hücresi büyüme inhibisyonu ve apoptoz analizi yapılmıştır. ABZ'yi küçük kristaller (LCP – ABZ) olarak kapsüllemek için ilk kez LCP nanopartiküllerini kullanılmıştır ve bu yaklaşımın, diğer organlara hızla metastaz yapan melanomaya karşı albendazol çözünürlüğünü ve etkinliğini artırıp artırmadığını incelenmiştir. LCP – ABZ nanopartikülleri, asidik solüsyonlarda salınan çok daha fazla ABZ ile pH'a duyarlıydı. Bu LCP – ABZ nanopartiküllerinin, apoptozu indüklemeye ve sağlıklı hücreler üzerinde minimum yan etkilerle B16F0 hücre hattının göçünü inhibe etmede etkinlik sağladığı gözlenmiştir. Geliştirilen ABZ içeren LCP nanopartikülleri ayrıca bir fare modelinde B16F0 melanom büyümesinin daha yüksek inhibisyonunu gösterdi. Sonuçlar LCP-ABZ sisteminin (Şekil 2) kanser tedavisi için etkili ve güvenli bir sistem modeli olduğunu ortaya çıkarmıştır (Movahedi ve ark., 2020).



Şekil 2. Şematik olarak LCP-ABZ sisteminin görünümü

Son yıllarda, birçok küçük antikanser molekülü, büyüme faktörü ve nükleik asit ilacı, CaP nanoparçacık sistemine kapsüllenmiştir ve çok sayıda araştırma, in vitro ve in vivo olarak tedavi etkinliğini göstermektedir. Zhao ve arkadaşları (2020) farklı boyutlarda (91-6500 nm) ve iğne şeklinde üretilen kalsiyum fosfat örneklerinin in vivo MC (Minicircle DNA) transfeksiyonuna aracılık etmedeki etkinliklerini incelemiştir. CaP nanoparçacık iğne-MC sistemi, BsAbEPH'nin (bispesifik antikörler) terapötik seviyelerini ifade etmeye aracılık etmiştir ve daha da önemlisi, bir insan yumurtalık kanseri ksenograft fare modelinde önemli antikanser terapötik etkisi ile sonuçlanmıştır. Sonuçlar kalsiyum fosfat sisteminin başarısını ortaya koymaktadır (Zhao ve ark., 2020).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Önemli bir biyoseramik olan kalsiyum fosfat ilaç, antijen, enzim ve proteinlerin taşınması ile biyogörüntüleme gibi medikal uygulamalar için uygun bir malzemedir (Cheng, 2007, Rojas-Sanchez ve ark, 2020). İnsan diş ve kemik yapısının inorganik minerali olan kalsiyum fosfatın biyoyumlu ve biyodağılıbilir özellikleri yüksektir. Kalsiyum fosfat nanopartiküllerinin hazırlanması, polimer veya yüklü adsorbe edici molekül gibi uygun bir işlevselleştirme ajanının varlığı ile sağlanabilir (Epple ve ark. 2010). Konuyla ilgili pek çok araştırma yapılmış olup CaP nanoparçacıkların toksik olmadığı ve in vivo ve in vitro ortamda ilaç taşıyıcı sistem olarak geliştirilmesinin başarılı sonuçları olduğu gözlenmiştir.

## SONUÇ

Kanser ve kansere bağlı hastalıklarının tedavisi son yıllarda gelişmekte olan bir konudur. Geleneksel yöntemlerin sağlıklı tümör hücreleri yanında sağlıklı hücreleride öldürmesi nedeniyle hastalara ciddi yan etkileri olmaktadır. Tümör hücrelerini hedef alan nanoparçacıklar arasında, CaP nanoparçacıklar biyoyumluluk ve biyodağılıbilir özelliklerinin yüksek olması nedeniyle öne çıkmaktadır. CaP nanoparçacıklar ve modifiye kompozitler sahip olduğu bu medikal özellikler nedeniyle antikanser ilaçlarının yüklenmesi, taşınması ve hedefli salımı için medikal uygulamalarda öne çıkan malzemelerdendir.

## KAYNAKLAR

- Bakan F, Kara G, Cakmak MC, Cokol M, Denkbaz EB 2017. Synthesis and characterization of amino acid-functionalized calcium phosphate nanoparticles for siRNA delivery, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 158: 175–181
- Baykara O 2016. Kanser Tedavisinde Güncel Yaklaşımlar. Balıkesir Sağlık Bilimleri Dergisi, 5(3): 154-165.
- Cheng X, Kuhn L 2007. Chemotherapy drug delivery from calcium phosphate nanoparticles. International Journal of Nanomedicine, 2(4): 667–674
- Ding Y, Zhai K, Pei P, Lin Y, Ma Y, Zhu H, Shao M, Yang X, Tao W 2017. Encapsulation of cisplatin in a pegylated calcium phosphate nanoparticle (CPNP) for enhanced cytotoxicity to cancerous cells. Journal of Colloid and Interface Science, 493: 181–189
- Epple M, Ganesan K, Heumann R, Klesing J, Kovtun A, Neuman S, Sokolova V 2010. Application of calcium phosphate nanoparticles in biomedicine, Journal of Materials Chemistry, 20: 18-23

- Movahedi F, Wu Y, Gu W, Xu Z 2020. Nanostructuring a Widely Used Antihelminthic Drug into the Lipid-Coated Calcium Phosphate Matrix for Enhanced Skin Tumor Treatment. *Applied Biomaterials*, 3: 4230-4238
- Kolenda SA, Klose J, Knuschke T, Sokolova V, Schmitz J, Staniszewska M, Costa FM, Herrmann K, Westendorf AM, Fendler WP, Epple M 2020. In vivo biodistribution of calcium phosphate nanoparticles after intravascular, intramuscular, intratumoral, and soft tissue administration in mice investigated by small animal PET/CT. *Acta Biomaterialia*, 109: 244-253
- Rojas-Sanchez L, Loza K, Epple M 2020. Synthesis and intracellular tracing surface-functionalized calcium phosphate nanoparticles by super-resolution microscopy (STORM), *Materialia*, 12: 100773
- Sokolova V, Rojas-Sánchez L, Bialas N, Schulze N, Epple M 2018. Calcium phosphate nanoparticle-mediated transfection in 2D and 3D mono- and co-culture cell models. *Acta Biomaterialia*, 84: 391-401
- Sun T, Zhang YS, Pang B, Hyun DC, Yang M, Xia Y 2014. Engineered Nanoparticles for Drug Delivery in Cancer Therapy, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 53: 12320–12364
- Syukkalova EA, Sadetskaya AV, Demidova ND, Bobrysheva NP, Osmolowsky MG, Voznesenskiy MA, Osmolovskaya OM 2020. The effect of reaction medium and hydrothermal synthesis conditions on morphological parameters and thermal behavior of calcium phosphate nanoparticles. *Ceramics International*
- Zhao J, Chen G, Pang X., Zhang P, Hou X., Chen P, Xie Y, He C, Wang Z., Chen Z 2020. Calcium phosphate nanoneedle based gene delivery system for cancer genetic immunotherapy. *Biomaterials*, 250

## Effect of Calciner Burner Geometry on Combustion Efficiency

Mehmet Ali Bayraktar<sup>1</sup>, Şeref Can Yavuz<sup>1</sup>, Mehmed Rafet Özdemir<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Marmara University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Istanbul, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: mehmet.ozdemir@marmara.edu.tr

### Abstract

Nowadays, cement is one of the most used construction material in the industry. In cement production, calcium oxide is used as raw material which is extracted by the calcination process of calcium carbonate. Since the largest part of the calcination process takes place in the calciner, it is the most energy-consuming equipment of the system. This numerical study aims at investigating the effect of calciner burner geometry on combustion efficiency and completion of the calcination process. Four calciner burner geometries with different installation angles have been considered during analysis. The results showed that the calciner burner geometry has an influence on the oxygen rate, temperature and calcium carbonate rate at the outlet consequently affected the combustion efficiency. Moreover, the distribution of the oxygen and calcium carbonate amounts inside the calciner has been analysed. It was observed that the calciner burner geometry affect the completion of the calcination process.

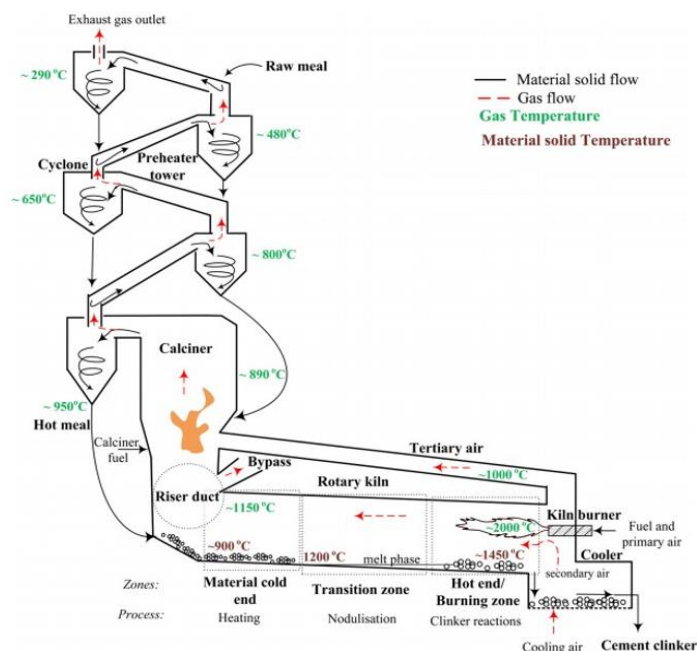
**Keywords:** Calcination, combustion efficiency, CFD

### INTRODUCTION

Cement is one of the most widely used components in construction materials with a yearly worldwide production of 4.2 billion tonnes [MCS, 2017]. Cement is produced by mixing raw materials. These raw materials containing calcium oxide, aluminium oxide and silicon then is being fired to the sintering temperature. Cement is different than concretes and mortars, they are dry powders. They are an important constituent of both concrete and mortars. They enhance the durability of structures. Mortar is a mixture of cement and sand. It is used in the production of the many structures that make up the modern world including buildings, bridges, harbours, runways and roads. It is also used for facades and other decorative features on buildings. The constant demand for all of these materials means that cement is one of the most consumed commodities in the world. On the other hand, the cement industry has a strong influence on the environment which has approximately 5 % share of the total CO<sub>2</sub> emissions to the world.

The most important part of the cement production is cooking of the raw material which is being performed in modern calciner systems, please see Fig. 1. The preheater is the first part of the cooking system. The ground raw material is transferred from the silos to the preheater system for high-temperature cooking. Preheater consists of vertical cyclones arranged in sequence. The raw material passes through these cyclones and contacts the hot gas exiting the furnace. As a result, heat is transferred from the gas to the materials. The preheater heats the raw material before transferring it to the oven.

The calciner is a combustion chamber located at the bottom of the preheater which has the most critical role in the process. Because approximately 65% of the total energy of the furnace system is supplied for the calciner [Savaş and Kolip, 2015]. The CaCO<sub>3</sub> particles in the raw material are thermally decomposed into CaO and CO<sub>2</sub> in the calciner by endothermic reactions. The energy required of calcination reactions is met by feeding fuel to the calciner bottom sections. Therefore, the efficiency of the combustion reaction and complete of the calcination reactions defines as the performance criteria of the calciner. The efficiency of combustion and calcination rate can be increased by the proper mixing of gases and particles and their residence time in the calciner. Combustion and calcination reaction efficiency could be increased by the following methods; i) optimization of calciner dimensions, ii) optimization and layout of gas supply pipes, iii) optimization and layout of coal burners and iv) optimization and layout of raw meal boxes.



**Figure 1.** Schematic overview of modern calciner system, [FLS, 2014]

Consequently, researchers have performed studies to enhance the efficiency of the calciner. However, the majority of these studies do not involve examining each of the parameters of calciner used on an industrial scale. Mikulcic et al. 2012, demonstrated the potential of CFD to support the design and optimization of calciners. They examined the effect of swirling of  $\text{CaCO}_3$  and coal. They numerically simulated the coal calciner with swirl burner and axial burner. They showed that the swirl burner provides more efficient combustion along the centre line of the calciner. In another study, Dou et al. (2009) numerically investigated the coal combustion and calcination reactions for a calciner. They found that the combustion and calcination reactions can be optimized by tangentially adjusting of tertiary inlet and opposite direction of inlets of coal burner and raw material inlets towards each other. The gas emission, temperature distribution, coal burnout rate and limestone degradation rate inside a calciner has been studied by Mikulcic et al. 2013. Their numerical model validated real measurement data. They showed that the CFD can capture data for real calcination systems. Fidaros et al. 2007 analyzed the effect of coal quality on calcination performance using a numerical model. They used good quality coal and pet coke during simulations. They observed that the small recirculation region near the raw-mix and tertiary air inlets and rapid calcination occurrence near the raw-mix inlet where high local  $\text{CO}_2$  concentrations are produced. Moreover, they observed higher temperature values near the coal inlet where the combustion of volatiles occurs. They concluded that the calcination rate of pet-coke decreases with increasing height. Besides, they have reported that  $\text{CO}_2$  partial pressure has a strong effect on the calcination reaction rate.

The above brief literature survey presents that the calciner performance has a strong relationship with calciner geometry, location of burners, raw material box and fuel quality. Among these parameters, the geometrical parameters of the calciner have the strongest effect on the calciner performance. On the other hand, there exists little study in the literature on examining the geometric parameters of the calciner. Moreover, nearly 40 % of  $\text{CO}_2$  emission produced during the calcination process (Stefanovic et al, 2010). Henceforth the optimization of calciner is also crucial from the environment point of view. Also, Turkey is one of the twenty biggest cement producers in the world. Therefore, optimizing the combustion efficiency of the calciner would reduce the national dependence on foreign sources in the energy field and prevent environmental problems. This study is a part of long term research about optimization of calciner geometric parameters. In this study, four calciner burner geometry with different installation angles have been analysed. The studied type of calcinator has been chosen as ILC type due to high efficiency, high capacity and common usage in the industry. The gas measurements, coal and raw material measurements have been taken from a cement production facility. The burner of the calciner has been optimized by CFPD Baracuda® software owing to successful simulation ability of particulate-solid flow in fluidized systems. The performance criterion has been evaluated based on the amount of  $\text{O}_2$  and  $\text{CaCO}_3$  at the outlets of the calciners. Moreover, the results have been compared with the results of a calciner burner geometry available in the industry.



## MATERIALS AND METHODS

The CPFD approach is based on the finite volume discretization method. A Eulerian-Lagrangian approach is used to solve particle-fluid interaction. The Lagrangian tracking of particles has been modelled using a multi-phase particle in cell (MP-PIC) approach, (Snider et al., 2011). The turbulence condition has been modelled with Large Eddy simulation model. Pressure, velocity and density are coupled by a pressure equation, directly derived from mass conservation and the ideal gas equation of state is used for the pressure–density dependency. The following transport equations for the conservation of mass, momentum, energy and turbulence properties are solved. The mass, momentum and energy conservation equations are defined in Eqs. (1) - (3).

$$\frac{\partial \theta_g \rho_g}{\partial t} + \nabla \cdot (\theta_g \rho_g \mathbf{u}_g) = \delta \dot{m}_p \quad (1)$$

$$\frac{\partial (\theta_g \rho_g \mathbf{u}_g)}{\partial t} + \nabla \cdot (\theta_g \rho_g \mathbf{u}_g \mathbf{u}_g) = \nabla P - F_p + \theta_g \rho_g \mathbf{g} + \nabla \cdot (\boldsymbol{\tau}_g \theta_g) \quad (2)$$

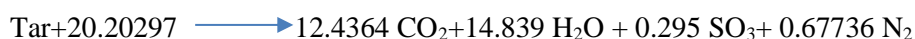
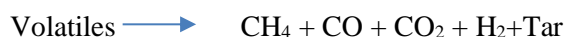
$$\frac{\partial (\theta_g \rho_g h_g)}{\partial t} + \nabla \cdot (\theta_g \rho_g h_g \mathbf{u}_g) = \theta_g \left( \frac{\partial P}{\partial t} + \mathbf{u}_g \cdot \nabla P \right) - F_{T_p} + \nabla \cdot (\theta_g \rho_g \boldsymbol{\tau}_g) - \nabla \cdot (-\theta_g k_{eff} \nabla T_g) + q_D + \dot{Q} \quad (3)$$

In above equations,  $\theta_g$  is the volume fraction of gas phases,  $\rho_g$  is the density of gas phases,  $\mathbf{u}_g$  is the velocity of gas phases,  $\delta \dot{m}_p$  is the mass flow rate,  $P$  is pressure and  $\boldsymbol{\tau}_g$  is stress tensor. In Eq. 3,  $h_g$  is the enthalpy of gas phases,  $k_{eff}$  is effective conductivity,  $T_g$  is the temperature of gas phases,  $q_D$  is gas heat flux and  $\dot{Q}$  is energy source term due to gas-solid reaction. Similarly, the transport equation can be defined as Eq. (4).

$$\frac{\partial (\theta_g \rho_g Y_{g,t})}{\partial t} + \nabla \cdot (\theta_g \rho_g Y_{g,i} \mathbf{u}_g) = \nabla \cdot (\theta_g \rho_g D_t \nabla Y_{g,i}) + \delta m_{i,chem} \quad (4)$$

where  $Y_{g,t}$  is the mass fraction of gas phases,  $D_t$  is turbulent diffusivity,  $Y_{g,i}$  is the mass fraction of  $i$ th species and  $m_{i,chem}$  is the net mass production rate of  $i$ th species. The fluid stress tensor and turbulent viscosity equation can be found in Tucker (2016). In the present study, the homogenous Wen-Yu drag model is used to simulate drag. In this model, the particle is assumed to be perfectly spherical. This assumption is very important since sphericity has a strong effect on the particle drag coefficient. The details of the model and corresponding equations can be found in Wen (1966).

In the current study, the coal particle is assumed that consist of coal ash, volatile and fixed carbon. The mass fractions of the content of coal and lower heating values of coal are determined by coal analysis. The detailed kinetic expression for the combustion of coals can be found in Chaudhari (2011). These expressions describe the fundamental steps taking place in the combustion of coal, namely, devolatilization, moisture release, gas phases combustion and solid char reaction. The data generated by C3M is used to simulate the coal combustion which is coupled with CPFD Barracuda. C3M is successful to predict combustion and gasification kinetics more for coal species. Coal combustion is a complex process involving long chain reactions. The kinetic equations adopted in this study are imported from C3M PCCL Coal Lab software. The chain reactions of the combustion of the coal are summarized below.



On the other hand, raw material consists of  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  etc. The most important and high energy consumed reaction is the calcination reaction. In calcination reaction, calcium carbonate decomposed into

calcium oxide and carbon dioxide. The calcination reaction rates strongly depend on the temperature of carrier gas and partial pressure of carbon dioxide. The calcination reaction rate can be presented below.



The rate of calcination reactions and details about the process can be found in Wen (1966).

Four different calciner burner geometry and one from the literature have been modelled and analysed. The properties of the burner geometries can be found in Table 1.

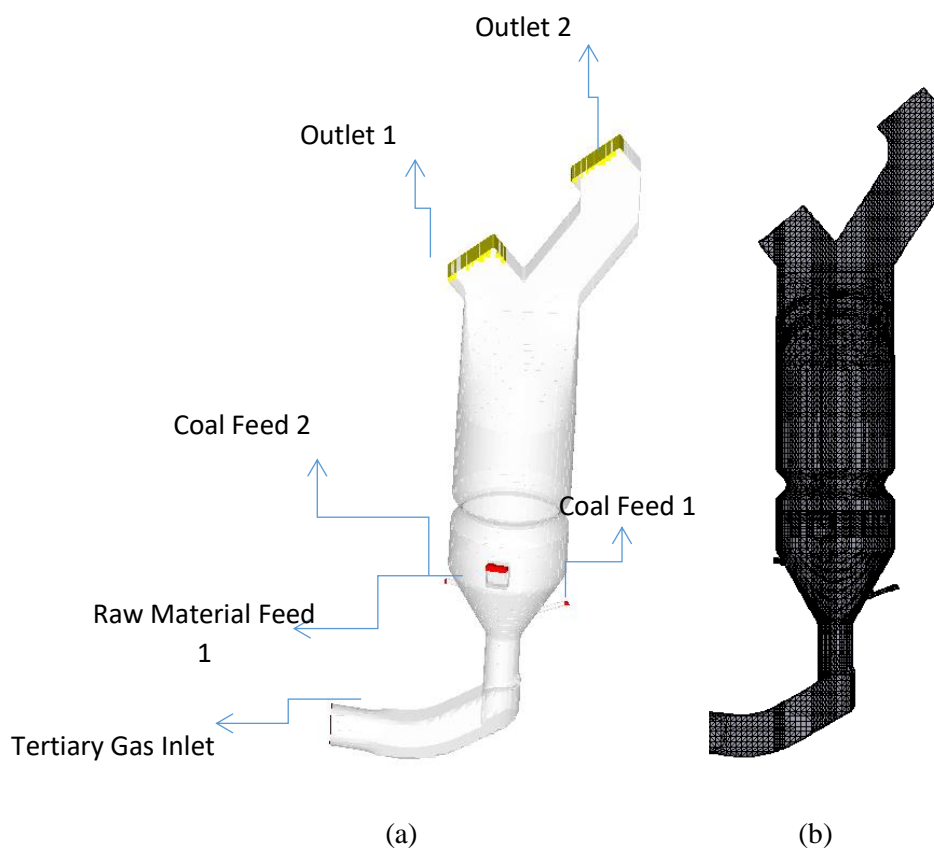
**Table 1.** Calciner burner geometries used in this study

Name	Description
Rev_0	Available burner in the literature. Calciner with linear 20 ° burner
Rev_1	Calciner with tangent 0 ° burner
Rev_2	Calciner with tangent 30 ° burner
Rev_3	Calciner with linear 0 ° burner
Rev_4	Calciner with linear 30 ° burner

The boundary conditions of simulated industrial-scale calciner can be seen in Table 2. The rotary kiln and bottom stage cyclone have removed to decrease the amount of grid. The raw material that comes from bottom stage cyclone is fed to the calciner by raw material fed box where located just below on the end of the conical section. The raw material box is designed with meal splash box as well. Coal feeding pipe is located on the conical section of the calciner. Geometrical details of simulated geometry can be seen in Figure 2.

**Table 2.** Boundary Conditions of the solution.

Kiln Gas Inlet Temperature [K]	1023	Loss On Ignition [%]	41
Tertiary Gas Oxygen Mass Fractions [%]	23	Coal Feed [kg/s]	5.76
Tertiary Gas Nitrogen Mass Fractions [%]	77	Raw Material Feed [kg/s]	52.8
Tertiary Gas Mass Flow Rate [kg/s]	24.3	Coal LHV [kcal/kg]	6280



**Figure 2.** (a) CAD geometry of the premixed burner, (b) Grid structure of the geometry

The raw material and coal particle diameter also have a strong effect on the calciner combustion and calcination efficiency as seen on reaction rates of calcination and combustion. Accordingly, all particle diameter has been tested and the generated data are imported to CFPD software. Particle size distributions of coal and the raw material is presented in Table 3.

**Table 3.** Raw meal particle and coal particle size distributions

Coal Particle Size Distributions		Size	Raw Meal Particle Size Distributions	
$\mu\text{m}$	%		$\mu\text{m}$	%
10	21		20	22
35	40		50	45
60	19		80	18
75	15		100	10
90	5		150	5

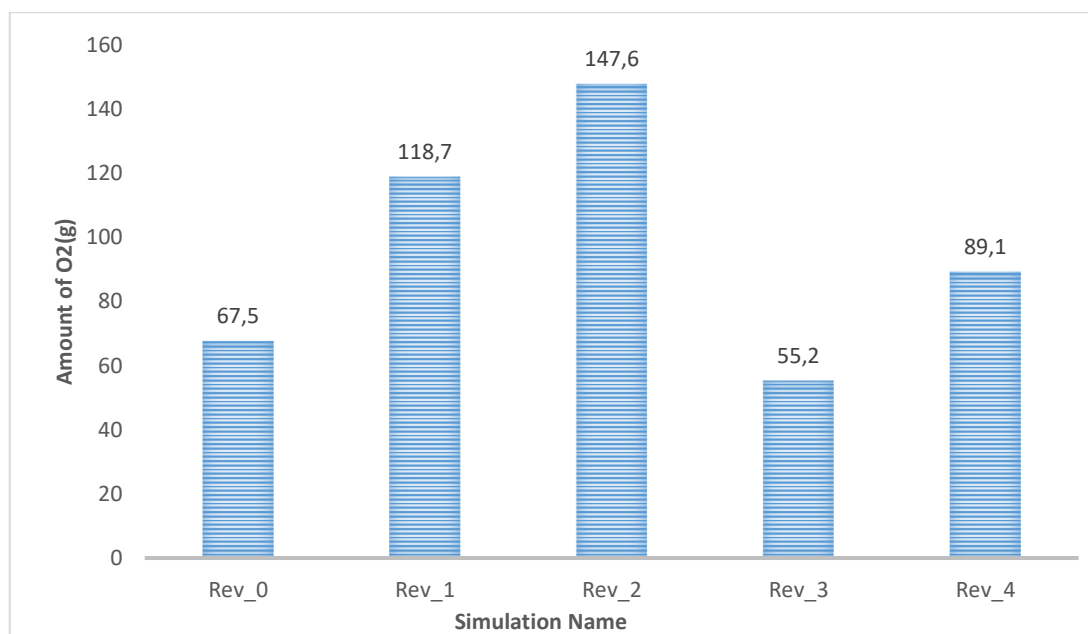
The mesh independency test is an important step in numerical studies. The number of mesh elements and mesh quality could affect the convergence, reliability and consistency of the whole simulation system. The mesh structure of all domain is hybrid mesh due to the nature of the cutcell mesh method. Smaller element is used to resolve complex locations such as coal feed pipes and raw material feed box. The geometry consists of 1.2 million elements. The mesh independency study has been carried out and some results of, outlet gas temperature and  $\text{O}_2$  has been given using five different grids namely coarser grid, coarse grid, medium grid, fine grid and finer grid. The results are presented in Table 4. As can be seen from Table 4, there is no considerable difference between medium-fine and finer grids.

**Table 4.** Mesh independency results

Grid name (-)	Number of Elements [Million]	Temperature [K]	O <sub>2</sub> Amount at Outlet [gr]
Coarser	0.4	1421	42
Coarse	0.7	1017	51.4
Medium	1	1246	65.2
Fine	1.2	1291	67.5
Finer	1.7	1284	66.4

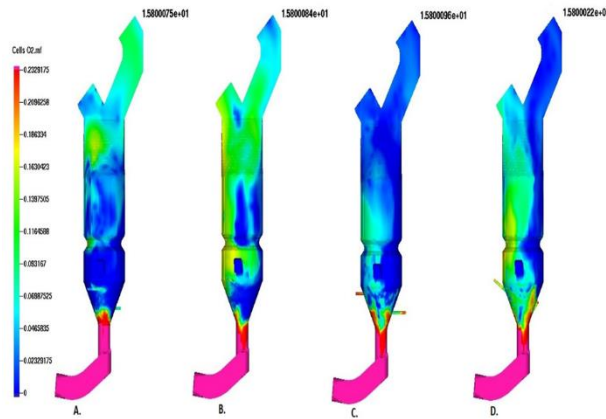
## RESULTS and DISCUSSION

As mentioned in the above subsections, the combustion performance of four calciner burner designs (Rev\_1, Rev\_2, Rev\_3 and Rev\_4) have been presented in this section. Figure 3 shows the amount of oxygen at the outlet section of the calciners during the combustion process. As can be seen from Figure 3, the design Rev\_3 yielded the best performance in terms of the amount of oxygen at the outlet section of the calciner. The other designs show poor performance compared to Rev\_3 design. Moreover, the design Rev\_3 has an also better performance compared to existing burner geometry Rev\_0.



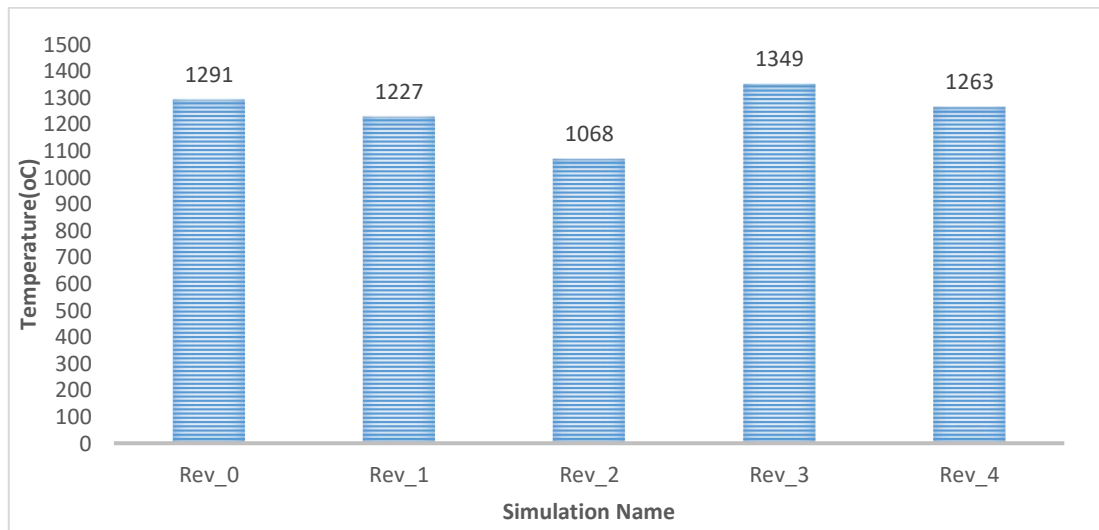
**Figure 3.** Amount of oxygen at the outlets of calciners

The reason for the better performance of Rev\_3 can be attributed to the homogenous distribution of the O<sub>2</sub> inside the calciner. As can be observed from Fig. 4, the design Rev\_3 having linear installation with 0-degree angle provided better oxygen distribution throughout the domain. This phenomenon is an obvious indication of the efficiency of the combustion process. Since the Rev\_3 exhibited better combustion efficiency, the burning rate of the oxygen is higher consequently the amount of oxygen at the outlet of the calciner is less compared to other designs.

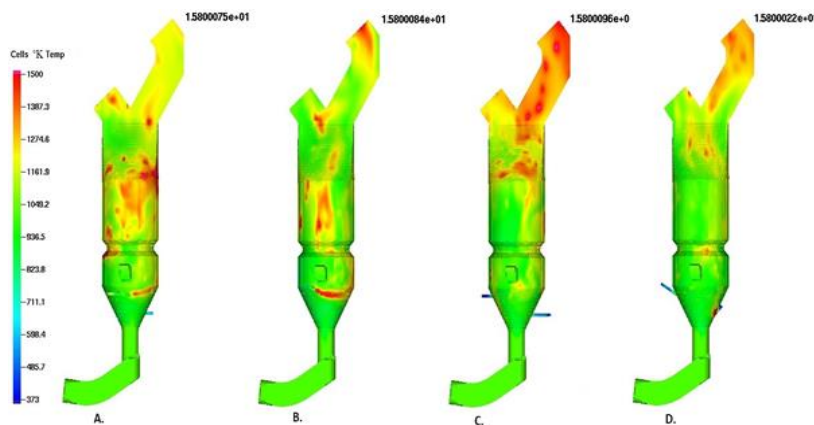


**Figure 4.** Oxygen distribution inside the calciner; A. Rev\_1; B. Rev\_2; C. Rev\_3; D. Rev\_4

The combustion efficiency of a system directly relates to the magnitude of the temperature inside the domain. Accordingly, the value of the temperature at the outlets of the calciners and the temperature fields inside the calciners have been presented in Figures 5 (a-b). It can be inferred from Fig. 5 (a) that the design Rev\_3 provides the highest temperature value at the outlet of the calciner. Therefore, the amount of O<sub>2</sub> at the outlet is less for this design. Moreover, the hot zones for design Rev\_3 are more distributed compared to other designs. This distribution promotes better combustion process.



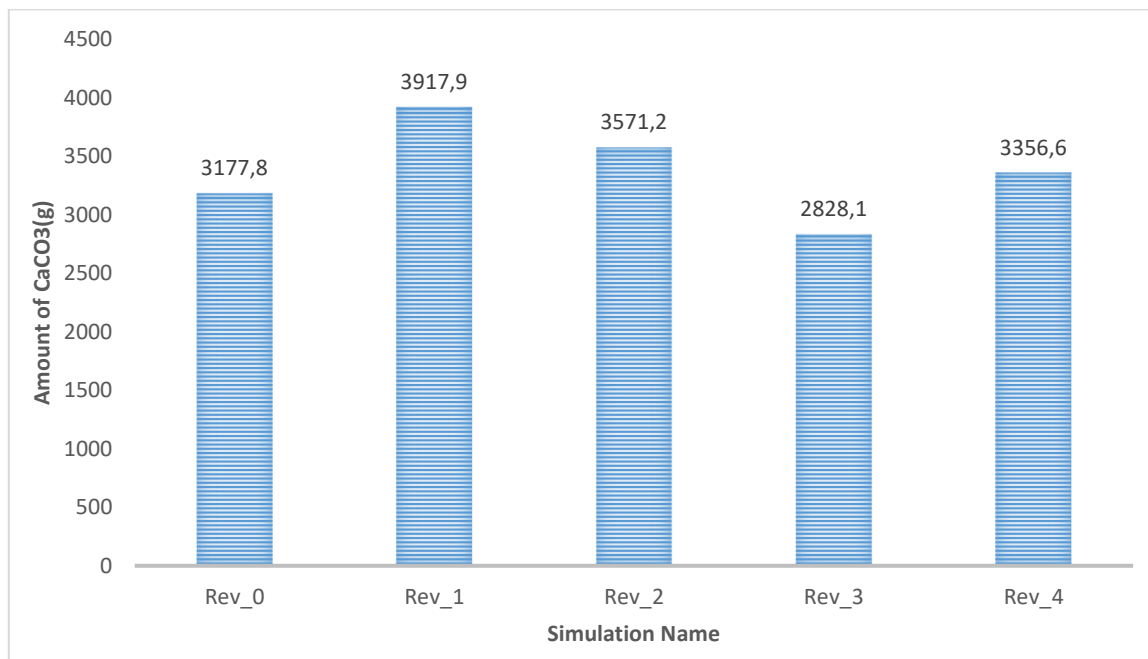
(a)



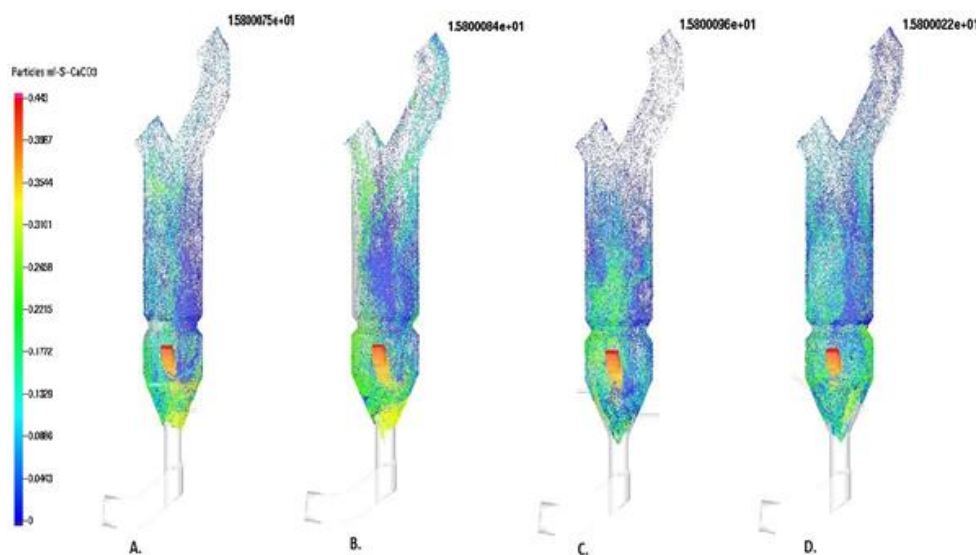
(b)

**Figure 5.** a) Temperature values of the calciners at the outlet, b) Temperature fields inside the calciners; A. Rev\_1; B. Rev\_2; C. Rev\_3; D. Rev\_4

Another performance criterion for the calciner burner can be regarded as the amount of calcium carbonate at the outlets of the calciners. Since the calcination process aims at decomposing calcium carbonate into simple elements, the less amount of calcium carbonate at the outlets of calciners can be related to the combustion completion degree of the system. Figures 6 (a-b) show the amount of  $\text{CaCO}_3$  at the outlets of the calciners and distribution of  $\text{CaCO}_3$  inside the calciners.



(a)



(b)

**Figure 6.** a) Amount of  $\text{CaCO}_3$  at the outlets of calciners, b)  $\text{CaCO}_3$  distribution inside the calciners; A. Rev\_1; B. Rev\_2; C. Rev\_3; D. Rev\_4

As can be clearly seen from Fig. 6 (a), the design Rev\_3 yields the best performance among other designs including the commercial design available in the industry. The amount of  $\text{CaCO}_3$  at the outlet of the Rev\_3 calciner is the lowest which is an indication of the completion degree of the combustion process. The design Rev\_3 provides homogenous temperature distribution and this enables better combustion efficiency.

## CONCLUSION

In this study, four proposed calciner burner geometries having different installation angles and one existing calciner burner geometry in the literature have been analysed numerically. The combustion performances of the burners have been evaluated using the amount of oxygen and calcium carbonate at the outlets of the calciners. It has been seen that the proposed design Rev\_3 with linear installation and making 0 ° with burner showed the best performance compared to other designs and existing design. The proposed design Rev\_3 provided homogenous oxygen and temperature distribution inside the calciner thus exhibited better combustion efficiency. As a future study, the authors propose the optimize the other geometrical parameters of calciners including gas supply pipes, coal burners and raw meal boxes to obtain a complete optimized device to enhance the combustion performance and reduce harmful gas emissions.

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors acknowledge the support provided by Marmara University Departments of Health, Culture and Sports.

## REFERENCES

- Chaudhari KP 2011. Development of advanced coal devolatilization and secondary pyrolysis kinetics models for CFD (and process simulation) codes. Graduate Thesis.
- Dou H, Chen Z, Huang J 2009. Numerical study of the coupled flow field in a Double-spray calciner. In 2009 International Conference on Computer Modeling and Simulation IEEE, 119-123.
- Fidaros DK, Baxevanou CA, Dritselis CD, Vlachos, NS 2007. Numerical modelling of flow and transport processes in a calciner for cement production. Powder Technology, 171(2): 81-95.
- FLS 2014, In Line Calciner Preheater System. Available at: <https://www.flsmidth.com/> [09.03.2020]
- MCS 2017, Mineral Commodity Summaries, *Cement Statistics and Information*. Available at: <https://www.usgs.gov/centers/nmic/cement-statistics-and-information> [09.03.2020]
- Mikulcic H, Von Berg E, Vujanovic M, Priesching P, Tatschl R, Duic N 2012. CFD analysis of a cement calciner for a cleaner cement production. Chemical Engineering Transactions, 29: 1513-1518.
- Mikulcic H, Von Berg E, Vujanovic M, Priesching P, Tatschl R, Duic N 2013. Numerical analysis of cement calciner fuel efficiency and pollutant emissions. Clean technologies and environmental policy, 15(3): 489-499.
- Savaş AF, Kolip A 2015. Comparative energy and exergy analyses of a serial and parallel flow four-stage cyclone pre-calciner cement plant. International Journal of Exergy, 17(4): 492-512.
- Snider DM, Clark SM, O'Rourke PJ 2011. Eulerian–Lagrangian method for three-dimensional thermal reacting flow with application to coal gasifiers. Chemical Engineering Science, 66(6): 1285-1295.
- Stefanovic G, Vujckovic G, Stojiljkoviic M, Trifunovic M 2010. CO<sub>2</sub> reduction options in cement industry: The Novi Popovac case. Thermal Science, 14(3): 671-679.
- Tucker PG 2016. Advanced computational fluid and aerodynamics. Cambridge: Cambridge University Press, Vol. 54.
- Wen CY 1966. YH Yu Mechanics of fluidization. Chemical Engineering Progress Symposium Series, 62(62): 100-111.

## Green Manure for Soil Properties Improvement

Ade Sumiahadi<sup>1,2\*</sup> (<http://orcid.org/0000-0003-4738-5342>),  
Ramazan Acar<sup>3</sup> (<http://orcid.org/0000-0002-3347-6537>), Ali Özel<sup>4</sup>

<sup>1</sup>PhD Student of Dept. of Field Crops, Selcuk University, Konya, Turkey

<sup>2</sup>Dept. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Dept. of Field Crops, Faculty of Agriculture, Selcuk University, Konya, Turkey

<sup>4</sup>Seydisehir District Directorate of Konya Provincial Directorate of Agriculture and Forestry, Konya, Turkey

\*Corresponding author e-mail: [ade.sumiahadi@gmail.com](mailto:ade.sumiahadi@gmail.com)

### Abstract

Intensive agricultural practices have been adopted for so many years to fulfill the growing food demands due to rising human populations. These practices such as tillage, the use of chemical fertilizers and pesticides, monoculture and continuously cropping systems caused soil degradation and led to some important environmental pollutions. These practices degraded the soil physically, chemically and biologically. Some measures have been taken to restore the damage of the soil caused by these practices and to make the current agricultural practices more sustainable. One of the measures that have been taken for these purposes is the application of green manure. Some studies reported that the application of green manure had many benefits for the soil, plant growth as well as the environment. In the term of soil amendment, green manure application improves the physical, chemical and biological properties of the soil. This paper summarizes the effect of the application of green manure crops on the improvement of soil properties.

**Keywords:** Cover crops, forage crops, organic matter, soil fertility, sustainability.

### INTRODUCTION

Intensive agricultural practices have been adopted for so many years to fulfill the growing food demands due to rising human populations. These agricultural practices were later considered as unsustainable agricultural practices that increased both economic and environmental costs. Intensive agriculture has forced the farmers to do some unsustainable practices such as monoculture, the use of high amounts of chemical fertilizers and pesticides, and continuous tillage, weeding, and cultivation. These practices have revealed many negative results in terms of environmental protection such as the damage of soil structure, reduction of soil fertility, salinity, and deterioration of soil organic matter that consequently affected soil health and productivity, soil water holding capacity, surface and groundwater pollution, soil nutrient deficiencies and soil erosion (Özyazıcı and Manga, 1998; Demirci et al., 2002; Morgan, 2005; Ritter and Eng, 2012; Karakurt, 2009; Göktekin and Ünlü, 2016; Meena et al., 2018).

Organic matter is one of the most important components of soil that plays an important role in improving the chemical, physical and biological properties of the soil (Fenton et al., 2008; Roman et al., 2015). In Indonesia, most of the agricultural land (73%) has low organic matter content (<2%) (Pringadi, 2009). Whereas, the organic matter content of the soil in 89% of the agricultural lands in Turkey varies from less than 1% (very low level) and around 1-2% (low level) (Ünver, 2013; Gezgin, 2018). Soil organic matter from crop reduces in the range of 2-5% per year (Rosenfeld and Rayns, 2011). In order to provide the sustainability and the availability of organic matter and other nutrients of the soil, the amendment of organic matter into the soil is needed to be done. One of the basic sources of the organic amendment into the soils is green manure. This paper tries to give brief information about green manure and the effect of green manure application on soil properties based on several previous studies.

### GREEN MANURE APPLICATION

Green manure is defined as the amendment of plants to the soil especially in a certain period of the development of plants with plenty of leaves (Kodaş and Er, 2012) while the plants are green (Karaöz, 1992; Soyergin 2003; Karakurt, 2009) to provide the necessary organic matter in the soil (Soyergin, 2003), to improve the physical, chemical and biological properties of the soil (Florentín et al., 2011) and to form soil cover for erosion control (Florentín et al., 2011; Rosenfeld & Rayns, 2011). And the plants used for this purpose are called green manure



crops. As can be understood from the definition that the purpose of green manure before the main crops being grown which has the greatest benefit in improving the soil organic matter (Karakurt, 2009; Rosenfeld & Rayns, 2011; Talgre, 2013) is for soil loosening, soil structure improvement and soil nitrogen increase (Özyazıcı and Manga, 1998; Kodaş and Er, 2012).

Green manure is not a new concept to agriculture. Green manure crops have been used deliberately for at least 300 years since their introduction into crop rotations to replacing the fallow phase in the Middle Ages (Ryans et al., 2010). A plant to be used as green manure must be compatible with the climate and soil conditions of the growing area. Besides; deep-rooted, rapidly developing, highly biodegradable, highly tolerant to biotic and abiotic stresses, ease of mixing into the soil, easy to obtain seed (Karakurt, 2009; Meena et al., 2018), and in general, to get more seeds per decare it should be a plant with small seeds (Karakurt, 2009) and need a low cost of cultivation.

According to certain purposes, green manure crops can be grown in four different ways for very different periods, they are as main crops, intermediate crops, sub-crops, and stubble crops. The cultivation of green manure crops, which are applied to improve the productivity of very poor, light sandy soils, is only for one year (growing season), and it is not applicable for the soils with high economic efficiency. Green manure crops as intermediate crops are grown in autumn as a winter intermediate crop. In order to prevent the water availability problem for the next main crops, green manure plant with short life span is more favorable to be used because plants with a quite long life span, use a significant part soil moisture in the spring. The cultivation of the green manure crop as a sub-crops is especially applied in the areas with high precipitation (over 600 mm) and a good soil conditions, alongside with the main crops that leave the field as soon as complete the development. As examples, annual legumes such as alfalfa and clover are good sub-crops, while rye that leaves the field early can be used as the main crop. In the irrigated areas, green manure crops can be planted on the stubble of this plant after the harvest of the main plant. The green manure crops which are sown on the stubble are mixed in the autumn or next spring. Spring or autumn is the best time to plant green manure crops in order to ensure sufficient moisture for germination. In areas with sufficient rainfall or irrigation facilities, summer sowing can also be an option (Soyergin, 2003; Karakurt, 2009; Rosenfeld and Rayns, 2011).

As green manure crops, alfalfa, clover, vetch, fenugreek, soybean, forage pea, forage cowpea, grasspea, lupine, forage bean, sainfoin are widely used legumes (Karaöz, 1992; Karakurt, 2009; Rosenfeld and Rayns, 2011). Green manure crops should be buried in the soil in a certain time where they are still green and watery to be able to undergo mineralization for a short time (5-6 weeks) after being mixed into the soil. This period is the time when 10-20% of the flowerings in legumes. A rotavator or plow can be used to mix green manure plants into the soil. In order to make it easier to mix into the soil, the crops can be mowed and then mixed into the soil. In heavy soils, more attention to the burial process is needed because deep burial of the crops can slow down the decomposition process (N'Dayegamiye and Tran, 2001; Karakurt, 2009; Rosenfeld and Rayns, 2011; Akkaya and Kara, 2018).

## **GREEN MANURE APPLICATION FOR SOIL IMPROVEMENT**

### **Effects of Green Manure on Soil Chemical Properties**

The effects of green manure application on soil chemical properties depend on green manure crop quality due to their difference in chemical composition. Table 1 shows several green manure crops application and soil chemical improvement. The main purpose of the application of green manure is to increase soil organic matter and N content which directly contributes to increasing soil and plant productivities (Sharma et al., 2017). Green manure adds organic matter to the soil and recycles nutrients into the soil. Green manure help prevents nutrient from being washed out of the soil (Fanish, 2017). Soil organic matter is the source of nitrogen, as well as all nutrients (Karakurt, 2009). While nitrogen is a key element in the development of plants and their high-quality yield (Rosenfeld and Rayns, 2011; Talgre, 2013). The ideal soil composition as a plant growing environment to support plant growth and development a healthy way and give the expected economic yield, theoretically contains 45% inorganic matter, 5% organic matter, 25% air, and 25% water (Kabata-Pendias, 2001; Aşkın, 2015). The most favorable soil organic matter content for optimum physical, chemical, and biological properties and productivity potential of agricultural soils which is directly effective on plant development must be at least 3% in the soil (Çepel, 1988; Gezgin, 2018).

**Table 1.** Several chemical soil properties improvement by several green manure crops

Green Manure Crop	Chemical Soil Properties	Reference
Buckwheat ( <i>Fagopyrum esculentum</i> L.)	N, org-C, C:N ratio	N'Dayegamiye and Tran, 2001;
Clotalaria ( <i>Clotalaria juncea</i> )	Org-C, N, P, K, Mg, S	Sugino et al., 2013; Carvalho et al., 2015; Islam et al., 2019
Colza ( <i>Brassica compestris</i> L.)	Organic C, N, C:N ratio	N'Dayegamiye and Tran, 2001; N'Dayegamiye et al., 2017
Common vetch ( <i>Vicia sativa</i> )	Organic matter, N, P, pH, and infiltration time	Astier et al, 2006; Rosenfeld and Rayns, 2011;
Dhaincha ( <i>Sesbania aculeata</i> Pers.)	Organic C, N, P, K, S, Zn, B	Salahin et al., 2013; Islam et al., 2019
Faba bean ( <i>Vicia faba</i> )	Organic matter, N	Widjajanto, 1996; Sharma et al., 2017
Greengram ( <i>Vigna radiata</i> L.)	Organic matter, N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cation Exchange Caps.	Salahin et al., 2013; Saria et al., 2018
Gliciridia ( <i>Gliciridia cepium</i> Jacq. Kunth ex Walp.	pH, organic matter, N, P, K, Ca, Mg	Agbede et al, 2018
Jack bean ( <i>Canavalia ensiformis</i> L. DC.)	P, K, Ca Mg	Carvalho et al., 2015
Mesquite ( <i>Prosopis africana</i> Guil., Perr. & A. Rich) Taubert	pH, organic matter, N, P, K, Ca, Mg	Adekiya et al., 2017
Millet ( <i>Echinochloa crusgalli</i> L.)	N, Organic C, C:N ratio	N'Dayegamiye and Tran, 2001; N'Dayegamiye et al., 2017
Mimosa ( <i>Mimosa invisa</i> )	Organic C, organic matter, N, P, K, S, B	Salahin et al., 2013; Sugino et al., 2013
Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> Lam.)	pH, organic matter, N, P, K, Ca, Mg	Adekiya et al., 2017; Agbede et al, 2018
Mucuna ( <i>Mucuna pruriens</i> )	Total N, P, K, Ca, Mg, Cation Exchange Caps.	Carvalho et al., 2015; Saria et al., 2018
Mustard ( <i>Brassica hirta</i> Moench.)	Organic matter, N, C, C:N ratio, P, K	N'Dayegamiye and Tran, 2001; Rusakova and Shabardina, 2014; N'Dayegamiye et al., 2017
Neem ( <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.)	pH, organic matter, N, P, K, Ca, Mg	Adekiya et al., 2017; Agbede et al, 2018
Papaya ( <i>Carica papaya</i> L.)	pH, organic matter, N, P, K, Ca, Mg	Adekiya et al., 2017; Agbede et al, 2018
Pea ( <i>Pisum sativum</i> L.)	pH, EC, Organic matter, N, P, K, Mg, Ca	Eusuf Zai et al, 2008; Widjajanto, 1996; Piotrowska and Wilczewski, 2012; Yang et al., 2016; Bilgili, 2018;
Pigeon pea ( <i>Cajanus cajan</i> L.)	P, K, Ca Mg	Carvalho et al., 2015
Rape ( <i>Brassica napus</i> L.)	pH, N, Ca	Yang et al., 2016
Red clover <i>Trifolium pratense</i> L.	Organic C, N, C:N ratio, Na	N'Dayegamiye and Tran, 2001; Tejada et al., 2008; Rayns & Rosenfeld, 2008; Rosenfeld and Rayns, 2011
Ricebean ( <i>Vigna umbellate</i> Thunb.)	Organic C	Sugino et al., 2013
Ryegrass ( <i>Lolium perenne</i> L.)	N, Ca	Yang et al., 2016
Sesban ( <i>Sesbania sesban</i> L. Merr.)	Organic matter, N, P, K	Wanjogu, 2011
Soybean ( <i>Glycine max</i> L. Merr.)	Organic matter, N, P, K	Wanjogu, 2011
Wheat ( <i>Triticum aestivum</i> L.)	Organic matter, N, C, C:N ratio, P, K	Rusakova and Shabardina, 2014;
Yellow lupine ( <i>Lupinus luteus</i> L.)	pH, org-C, N, C:N ratio	Pietrzykoski et al., 2017

The sufficient organic matter in the soil improves the physical, chemical, and biological properties of the soil and ensures that this condition is stable (Fenton et al., 2008). This condition can improve soil health by

positively affecting the properties of the soil, the strength of the aggregate, water holding capacity, and nutrients (Çepel, 1988; Soyergin, 2003; Karakurt, 2009; Talgre, 2013; Gezgin, 2018).

The incorporation of legumes as green manure in the cropping system has an extra benefit in enhancing soil fertility due to their ability to fixing free nitrogen from the atmosphere through the symbiosis process with *Rhizobacteria* in the soil which is called as biological nitrogen fixation (BNF). The BNF converts atmospheric N<sub>2</sub> into ammonia (NH<sub>3</sub>) or other molecules in the soil which can be easily accessed by plants (Rosenfeld and Rayns, 2011; Gogoi et al, 2018; Meena et al., 2018).

**Table 2.** Approximate soil nitrogen yield of several green manure crops

Green Manure Crop	Nitrogen Yield (kg ha <sup>-1</sup> year <sup>-1</sup> )	Reference
Alfalfa ( <i>Medicago satvia</i> L.)	2-600	Widjajanto, 1996; Rayns and Rosenfeld, 2008; Rosenfeld and Rayns, 2011; Bilgili, 2018
Bean ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	64	Widjajanto, 1996
Buckwheat ( <i>Fagopyrum esculentum</i> L.)	52-139	N'Dayegamiye and Tran, 2001
Colza ( <i>Brassica compestris</i> L.)	59-65	N'Dayegamiye and Tran, 2001
Common vetch ( <i>Vicia sativa</i> )	90-250	Rosenfeld and Rayns, 2011;
Crimson clover ( <i>Trifolium incarnatum</i> )	100-150	Rosenfeld and Rayns, 2011
Faba bean ( <i>Vicia faba</i> L.)	97-152	Widjajanto, 1996
Hairy vetch ( <i>Vicia villosa</i> )	40-208	Rayns and Rosenfeld, 2008
Millet ( <i>Echinochloa crusgalli</i> L.)	13-65	N'Dayegamiye and Tran, 2001
Mustard ( <i>Brassica hirta</i> Moench.)	62-72	N'Dayegamiye and Tran, 2001
Pea ( <i>Pisum sativum</i> L.)	33-160	Widjajanto, 1996; Bilgili, 2018
Persian clover ( <i>Trifolium resupinatum</i> )	100	Rosenfeld and Rayns, 2011
Pigeon pea ( <i>Cajanus cajan</i> L.)	97-152	Widjajanto, 1996
Red clover ( <i>Trifolium pratense</i> L.)	73-460	Rayns and Rosenfeld, 2008; Rosenfeld and Rayns, 2011
Soybean ( <i>Glycine max</i> L. Merr.)	65-200	Widjajanto, 1996; Bilgili, 2018
Subterranean clover ( <i>Trifolium subterraneum</i> )	4-320	Rayns and Rosenfeld, 2008
Velvet bean ( <i>Stizolobium cinereum</i> )	144	Diniz et al., 2007
White clover ( <i>Trifolium repens</i> )	50-450	Rosenfeld and Rayns, 2011
White lupine ( <i>Lupinus albus</i> L.)	75-300	Rayns & Rosenfeld, 2008; Bilgili, 2018

Meena et al. (2018) reported that legumes could contribute to 40% of total N fixation in the world as a result of their symbiotic relationship with *Rhizobium* bacteria, and can meet 50-80% of plant N requirement with biological nitrogen fixation. Moreover, some legumes can convert the unavailable form of phosphorus (P) to available form through releasing some organic acids and enzymes by the roots, resulting to an increase of P availability in the soil and brings P increase sufficiency in a cropping system (Ortiz, 2006; Gogoi et al., 2018; Sumiahadi et al., 2018). Furthermore, the incorporation of non-legume green manure into the soil also contributes to the addition of soil organic N, as was reported by several previous studies. Table 2 presents the soil nitrogen yield of several green manure crops.

### Effects of Green Manure on Soil Physical Properties

The capability of green manure in increasing soil organic matter consequently increases its potential to improve physical soil properties. The physical properties most likely to be affected by the increase of organic-matter levels are aggregate distribution and stability, bulk density, moisture retention, and water movement. However, the improvement is not always consistent and varies widely depends on other factors such as soil conditions and different plant species used as green manure crops (MacRae and Mehuys, 1985). Table 3 presents several green manure crops and the physical soil properties improved according to several previous studies.

**Table 3.** Several physical soil properties improvement by several green manure crops

Green Manure Crop	Physical Soil Properties	Reference
Chinese mustard ( <i>Brassica juncea</i> L.)	Total porosity	Maltas et al., 2017
Clotalaria ( <i>Clotalaria juncea</i> )	Bulk density, soil temperature and moisture	Mambu et al., 2018; Islam et al., 2019
Cluster bean ( <i>Cyamopsis tetragonaloba</i> L.)	Bulk density, total porosity	Sultani et al., 2007
Dhaincha ( <i>Sesbania aculeata</i> Willd. Pers.)	Bulk density	Islam et al., 2019
Gliciridia ( <i>Gliciridia cepium</i> Jacq.)	Bulk density	Agbede et al., 2018
Moringa ( <i>Moringa oleifera</i> Lam.)	Bulk density	Adekiya et al., 2017; Agbede et al., 2018
Neem ( <i>Azadirachta indica</i> A. Juss.)	Bulk density	Adekiya et al., 2017; Agbede et al., 2018
Papaya ( <i>Carica papaya</i> L.)	Bulk density	Adekiya et al., 2017; Agbede et al., 2018
Red clover ( <i>Trifolium pratense</i> L.)	Structure stability and bulk density	Tejada et al., 2008
Ricebean ( <i>Vigna umbellate</i> Thunb.)	Bulk density, total porosity	Sultani et al., 2007
Sesban ( <i>Sesbania sesban</i> L. Merr.)	Bulk density, total porosity, water availability	Sultani et al., 2007
Yellow lupine ( <i>Lupinus luteus</i> L.)	Texture and bulk density	Pietrzykoski et al., 2017

### Effects of Green Manure on Soil Biological Properties

The application of green manure as an organic amendment is considered to be an important management practice that has the potential to reduce the dependence on chemical fertilizers and to maintain the soil organic matter content. Organic matter is the home and food of countless millions of living creatures, bacteria, fungi, algae, protozoa, insects, earthworms, each working under the laws of its own being and producing changes in the carbon and nitrogen compounds in the soil (Pieters, 2006). Green manure provides the availability of carbon substrates that contribute to control microbial growth in soil and stimulate soil microbial growth and activity. Moreover, legume-based green manures, are important nitrogen sources in crop production (Kataoka et al., 2017). Several previous studies on the effects of several green manure crops on biological soil properties presented in Table 4.

Green manure crops also contribute to disease, pest, and weed control. Fast-growing green manure plants are very effective in suppressing weeds. Other species that can be cultivated frequently, such as meadow clover and Persian clover, have been reported to be successful in weed control. Organic matter changes in the soil, in particular, the addition of green manure, have the potential to control the soil-borne diseases as well as the weed control and to disrupt the life cycle of agricultural pests. The study of Erdoğan et al. (2012) reported that in Nazilli conditions, the mixture of green parts of barley, barley+vetch, and vetch with soil during the flowering period decreased wilt disease infection in *Verticillium dahliae* Kleb. fungus-induced cotton plants. Green manure crops can also become a habitat for predator insects that control pests in agriculture. As a result, green manure crops contribute to minimize worker for weeding, reduce the use of herbicides and reduce production costs (Rayns & Rosenfeld, 2008; Karakurt, 2009; Florentín et al., 2011; Rosenfeld & Rayns, 2011; Talgre, 2013; Meena et al., 2018).

### CONCLUSION

Organic matter is one of the most important components of the soil. Soil organic matter is the source of nitrogen, as well as all nutrients. The application of green manure plants which improves the physical, chemical, and biological properties of soil by basically increasing the amount of organic matter. According to several previous studies, the incorporation of several green manure crops significantly improved the chemical, physical and biological properties of the soil. In addition, green manure also potentially contributes to disease, pest, and weed control as well as increased soil erosion. Green manure is very important for environmental sustainability by reducing chemical fertilizers and pesticides, improving soil properties, controlling soil erosion, and preventing the leaching of nitrate and other chemical inputs into surface and groundwater.

**Table 4.** Several biological soil properties improvement by several green manure crops

Green Manure Crop	Biological Soil Properties	Reference
Clotalaria ( <i>Clotalaria juncea</i> )	Microbial activity (dehydrogenase, $\beta$ -glucosidase, phosphomonoesterase), microbial biomass, microbial quotient, diacetate flourescein hydrolysis	Carvalho et al., 2015; Mambu et al., 2018
Greengram ( <i>Vigna radiate</i> L.)	Microbial population	Saria et al., 2018
Hairy vetch ( <i>Vicia villosa</i> )	Fungal biomass and diversity, the rate of phosphate-solubilizing fungi and soil phosphatase activity	Kataoka et al., 2017
Jack bean ( <i>Canavalia ensiformis</i> L. DC.)	Microbial biomass, microbial quotient, diacetate flourescein hydrolysis	Carvalho et al., 2015
Maize ( <i>Zea mays</i> L.)	Bacterial community structure	Ramirez-Villanueva et al., 2015
Mucuna ( <i>Mucuna pruriens</i> )	Microbial population, microbial biomass, microbial quotient, diacetate flourescein hydrolysis	Carvalho et al., 2015; Saria et al., 2018
Mustard ( <i>Brassica hirta</i> Moench.)	Microbial biomass and nitrifying bacteria activity	Rusakova and Shabardina, 2014;
Pea ( <i>Pisum sativum</i> L.)	Microbial community composition and structure	Yang et al., 2016
Pigeon pea ( <i>Cajanus cajan</i> L.)	Microbial biomass, microbial quotient, diacetate flourescein hydrolysis	Carvalho et al., 2015
Rape ( <i>Brassica napus</i> L.)	Microbial community composition and structure	Yang et al., 2016
Red clover ( <i>Trifolium pratense</i> L.)	Microbial biomass, soil respiration, and dehydrogenase, urease, b-glucosidase, phosphatase and arylsulfatase activities	Tejada et al., 2008
Ryegrass ( <i>Lolium perenne</i> L.)	Microbial community composition and structure	Yang et al., 2016
Sesban ( <i>Sesbania sesban</i> L. Merr.)	Microbial activity (dehydrogenase, $\beta$ -glucosidase, phosphomonoesterase)	Mambu et al., 2018

## REFERENCES

- Adekiya AO, Agbede TM, Aboyeji CM, Sunsin O, Ugbe JO 2017. Green manures and NPK fertilizr on soil propertie, growth, yield, mineral and vitemin C composition of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench). Journal od Saudi Society of Agriculture Science, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2017.05.005>.
- Agbede TM, Adekiya AO, Ale MO, Eifediyi EK, Olatunji CA 2018. Soil properties, growth, fruit yield, mineral, lycopene and vitamin C cobtents of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown with green manures and NPK fertilizer. Agric. Conspec. Sci. 83(4): 291-297.
- Aister M, Maass JM, Etchevers-Barra JD, Pena JJ, de Leon Gonzales F 2006. Short-term green manure and tillage management effects on maize yield and soil quality in Andisol. Soil & Tillage Research, 88: 153-159.
- Akkaya S, Kara B 2018. Ekmeklik buğdayda ahır ve yeşil (karabuğday, fiğ) gübre uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 13(1): 1-8.
- Aşkın T 2015. Topraktan gıdaya. Ordu'da Gıda Güvenliği Dergisi, pp: 38-43.
- Bilgili U 2018. Sürdürülebilir tarım uygulamalarında yem bitkileri. In: Kınacı (Ed.), Organomineral Gübre Çalıştayı Bildiriler. Istanbul: TEMA, pp: 128-140.
- Carvalho NS, Oliveira ABB, Pessoa MMC, Neto VPC, de Sousa RS, da Cunha JR, Coutinho AG, dos Santos VM, de Araujo ASF 2015. Short-term effect of different green manre on soil chemical and biological properties. Affrican Journal of Agricultural Research, 10(43): 4076-4081.

- Çepel N 1988. Toprak İlimi Ders Kitabı Orman Topraklarının Karakteristikleri, Toprakların Oluşumu, Özellikleri ve Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Erdoğan O, Göre E & Özbek N (2012). Yeşil gübre uygulamalarının organik pamuk üretiminde solgunluk hastalığı (*Verticillium dahliae* Kleb.)'na ve verime etkileri. Bitki Koruma Bülteni, 52(1):81-91.
- Fanish SA 2017. Impact of green manure incorporation on soil properties and crop growth environment: A review. World Journal of Agricultural Science, 13(3): 122-132.
- Fenton M, Albers C, Katterings Q 2008. Soil organic matter. Agronomy Fact Sheet Series No. 41. New York: Cornell University Cooperative Extension.
- Florentín MA, Peñalva M, Calegari A, Derpsch R 2011. Green Manure/Cover Crops and Crop Rotation in Conservation Agriculture on Small Farms. Rome: FAO.
- Gezgin S 2018. Türkiye topraklarının organik madde durumu, organik madde kaynaklarımız ve kullanımı. In: Kınacı (Ed.), Organomineral Gübre Çalıştayı Bildiriler. İstanbul: TEMA, pp:12-16.
- Gogoi N, Baruah KK, Meena RS 2018. Grain legumes: Impact on soil health and agroecosystem. In: Meena RS, Das A, Yadav GS, Lal R (eds), Legumes for Soil Health and Sustainable Management, Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd, pp. 511-539.
- Göktekin Z, Ünlü H 2016. Domates yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi, yeşil gübre, mikrobiyal gübre ve bitki aktivatörü kullanımının verim ve kalite kriterleri üzerine etkileri, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 11(2): 108-119.
- Guan XK, Turnet NC, Song L, Gu YJ, Wang TC, Li FM 2016. Soil carbon sequestration by three perennial legume pasture is greater in deeper soil layers than in the surface soil. Biogeosciences, 13: 527-534.
- İslam MM, Uemi TA, Rana MS, Alam MS, Haque MM 2019. Green manuring effects on crop morpho-physiological characters, rice yield and soil properties. Physiol. Mol. Biol. Plants 25(1):303-312.
- Kabata-Pendias A 2001. Trace Elements in Soils and Plants (3rd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Karakurt E 2009. Toprak verimliliği yönünden yeşil gübreler ve gübreleme, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 18 (1-2):48-54.
- Karaöz MÖ 1992. Gübreler ve peyzaj uygulamalarında gübreleme teknikleri, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 42(4): 49-60.
- Kataoka R, Nagasaka K, Tanaka Y, Yamamura H, Shinohara S, Haramoto E, Hayakawa M, Sukamoto Y 2017. Hairy vetch (*Vicia villosa*) as a green manure, increases fungal biomass, fungal community composition, and phosphatase activity in soil. Applied Soil Ecology, 117-118: 16-20.
- Kodaş R, Er C 2012. Tahıllarda organik yetiştiricilik. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1):103-116.
- McRae RJ, Mehuys GR 1985. The effects of green manuring on the physical properties of temperate-area soils. In: Advances in Soil Science. New York: Springer-Verlag Inc., pp. 71-93.
- Maltas A, Kebli H, Oberholzer HR, Weisskopf P, Sinaj S 2017. The effect of organic and mineral fertilizers on carbon sequestration, soil properties, and crop yields from a long-term field experiment under a Swiss conventional farming system. Land Degrad. Dev., 29: 926-938.
- Mambu S, Sugihara S, Kawame T, Nishigaki T, Toyoya K, Miyamaru N, Tanaka H, Kanekatsu M 2018. Effect of green manure application on soil enzyme activity and nutrient dynamics in a sugarcane field of Kitadaito, Okinawa, Japan. JARQ, 52(4): 315-324.
- Meena BL, Fagodiya RK, Prajapat K, Dotaniya ML, Kaledhonkar MJ, Sharma PC, Meena RS, Mitran T, Kumar S 2018. Legume green manuring: An option for soil sustainability. In: Meena RS, Das A, Yadav GS & Lal R (eds.), Legumes for Soil Health and Sustainable Management. Singapore: Springer Nature Singapore Pte Ltd, pp 387-408.
- Morgan RPC 2005. Soil Erosion and Conservation 3rd Edition. Oxford: Blackwell Publishing.
- N'Dayegamiye A, Tran TS 2001. Effects of green manure on soil organic matter and wheat yields and N nutrition. Can. J. Soil Sci., 81: 371-382.
- Ortiz NC 2006. Phosphorus efficiency of *Arachis pintoi* genotypes and possible mechanisms for tolerance to low soil P supply. PhD Thesis. Gottingen (DE): Georg-August University of Gottingen.
- Özyazıcı MA, Manga İ 1998. Çarşamba ovası sulu koşullarında yeşil gübre olarak kullanılan bazı baklagil yem bitkileri ile bitki artıklarının kendilerini izleyen mısır ve ayçiçeğinin verim ve kalitesine etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24(2000): 95-103.
- Pieters AJ 2006. Green Manuring: Principles and Practice. New York: Braunworth & Co. Inc, 267 pp.
- Pietrzykowski M, Gruba P, Sproull G 2017. The effectiveness of yellow lupine (*Lupinus luteus* L.) green manure cropping in sand maine cast reclamation. Ecological Engineering, 102: 72-79.

- Piotrowska A, Wilczewski E 2012. Effects of catch crops cultivated for green manure and mineral nitrogen fertilization on soil enzyme activities and chemical properties. *Geoderma*, 189-190: 72-80.
- Pringadi K 2009. Peran bahan organik dalam peningkatan produksi padi berkelanjutan mendukung ketahanan pangan nasional. *Pembangunan Inovasi Pertanian*, 2(1): 48-64.
- Ramire-Villanueva D, Bello-Lopez JM, Navarro-Noya YE, Luna-Guido M, Verhulst N, Govaerts B, Dendooven L 2015. Bacterial community structure in maize residue amended soil with contrasting management practices. *Applied Soil Ecology*, 90: 49-59.
- Rayns F, Rosenfeld A 2008. Green manures: A review. In: Peter K, Rayns F, Rosenfeld A, Heading E, Mead A, Will T. *HDC Project FV 299 Report: An Investigation in to the Adoption of Green Manures in Both Organic and Conventional Rotations to Aid Nitrogen Management and Maintain Soil Structure*. UK: Agriculture and Horticulture Development Board, pp. 76-112.
- Rayns F, Rosenfeld A, Schmutz U 2010. Green manure - implications of economic and environmental benefits on rotational management - Factsheet. Warwickshire: Horticulture Development Company, pp. 8.
- Ritter J, Eng P 2012. Soil erosion – causes and effects. OMAFRA Factsheet, 87-040: 1-7.
- Roman P, Martinez MM, Pantoja A 2015. *Farmer's Compost Handbook, Experiences in Latin America*. Santiago: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Rosenfeld A, Rayns F 2011. *Sort Out Your Soil - A Practical Guide to Green Manures*. UK: COTSWOLD Grass Seeds Direct.
- Rusakova I, Shabardina N 2014. Effect of straw and green manure on biological condition soddy-podzolic soils. *Scientific Papers Series Management, Engineering in Agricultural and Rural Development*, 24(1): 323-328.
- Salahin N, Alam MK, Islam MM, Naher L, Majid NM 2013. Effectds of green manure nad tillage practice on maize and rice yields and soil properties. *Australian Journal of Crop Science* 7(12): 1901-1911.
- Sharma P, Laor Y, Raviv M, Medina S, Saadi I, Kransnovsky A, Vager M, Levy GJ, Bar-Tal A, Borisover M 2017. Green manure as part of organic management cycle: Effects on changes in organic matter characteristics across the soil profile. *Geoderma*, 305: 197-207.
- Soyergin S 2003. *Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması, Gübreler ve Organik Toprak İyileştiricileri*. Yalova: Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Sugino T, Noguntou W, Srisombut N, Rujikun P, Luanmanee S, Punlai N 2013. Effcets of legume organic material applications and green manure crop cultivation in soil organic carbon in rain fed area of Thailand. *International Soil and Water Conservation Research*, 1(3): 29-36.
- Sultani MI, Gill MA, Anwar MM, Athar M 2007. Evaluating of soil physical properties as influenced by various green manuring legumes and phosphorus fertilization under rain fed conditions. *Int. J. Sci. Tech.*, 4(1): 109-118.
- Sumiahadi A, Chozin MA, Gutoro D 2018. Effectiveness of *Arachis pintoi* Karp. & Greg. as biomulch to reduce soil erosion and increase soil fertility on maize cultivation. In *Proceedings of the 5th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*, pp. 62-69.
- Talgre L 2013. *Biomass Production of Different Green Manure Crops and Their Effect on The Succeeding Crops Yield*. PhD Thesis. Tartu: Estonian University.
- Tejada M, Gonzalez JL, Gracia-Martinez AM, Parrado J 2008. Application of green manure and green manure composted with beet vinasse on soil restoration: Effects on soil properties. *Bioresources Technology*, 99: 4949-4957.
- Ünver İ 2013. *Toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri*. In: Ünver İ, Anaç D (eds.), *Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını.
- Wanjogu RK 2011. *Evaluation of soybean and Sesbania sesban for soil fertility replenishment, increased rice yield and enhanced incomes*. PhD Thesis. Nairobi: University of Nairobi. 178 pp.
- Widjajanto DW 1996. Environmental advantages and disadvantages of different of nitrogen in gricultural systems. In: Rodriguez-Burrueco C (ed.), *Fertilizers and Environment*. Netherlands: Kluwer Academic Publication, pp. 253-257.
- Yang H, Niu J, Tao J, Gu Y, Zhang C, She S, Chen W, Ynag H, Yin H 2016. The impact of different manure on soil microbial communities and crop health. *Preprints 2016*, 2016090056 (doi: 10.20944/preprints201609.0056.v1).

## Potential Use of Industrial Plant Residues for Improving Soil Properties and Plant Growth

Ade Sumiahadi<sup>1,2\*</sup> (<http://orcid.org/0000-0003-4738-5342>),  
Ramazan Acar<sup>3</sup> (<http://orcid.org/0000-0002-3347-6537>)

<sup>1</sup>PhD Student of Dept. of Field Crops, Selcuk University, Konya, Turkey

<sup>2</sup>Dept. of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Muhammadiyah Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Dept. of Field Crops, Faculty of Agriculture, Selcuk University, Konya, Turkey

\*Corresponding author e-mail: [ade.sumiahadi@gmail.com](mailto:ade.sumiahadi@gmail.com)

### Abstract

The residues of agricultural industries are one of the major parts of the total annual production of biomass and these residues are an important source of soil organic matter. Organic matter is one of the most important components of soil that can improve the chemical, physical and biological characteristics of the soil. The stable level of organic matter content in the soil that can support plant growth and development is 5% of total soil compositions. Most of the agricultural land in many countries have very low organic matter content (<2%). The organic matter content in soil can be improved by organic matter addition. One of the organic material sources that can be used for the addition of soil organic matter is plant residues amendment. The use of plant residues for soil organic matter addition can contribute to improving soil organic matter to a high stable level. One of the main residues of plant residues comes from plant-based industries. The use of these residues will increase organic matter and plant nutrient contents in soil, reduce the application of chemical fertilizers, reuse and recycle the organic materials and reduce residue pollution, especially from agricultural industries. This paper gives brief information about some different plant-based industrial residues and their potential use for improving soil properties and plant growth.

**Keywords:** Organic fertilizer, plant-based industrial residue, soil organic matter, sustainability, waste management.

### INTRODUCTION

The organic matter is one of the most important components of the soil (Roman et al., 2015). Organic matter improves the chemical, physical and biological properties of soil as plant growing media (Fenton et al., 2008; USCC, 2008; Roman et al., 2015). In general, the most favorable soil organic matter content for optimum physical, chemical and biological properties and productivity potential of agricultural soils which is directly effective on plant development must be at least 3% in the soil (Çepel, 1988; Gezgin, 2018). However, organic matter content in the soil of many countries is in low or very low level categories. In Indonesia, most of the agricultural land (73%) has low organic matter content (<2%) (Pringadi, 2009). The same condition is also shown in 89% of the agricultural lands in Turkey varies from less than 1% (very low level) and around 1-2% (low level) (Ünver, 2013; Gezgin, 2018).

The addition of organic matter is essential to provide the availability and sustainability of soil organic matter. One of the organic material sources that can be used for the addition of soil organic matter is the plant residue amendment (Fenton et al., 2008; Munawar, 2011; Roman et al., 2015). The use of plant residues for soil organic matter addition can contribute to improving soil organic matter to a high stable level. There are numerous benefits to having a relatively high stable organic matter level in agricultural soil. The availability of some plant residues such as plant straws and by-products of specific processes or industries, is available in large quantities and thus be significant resources at the national or regional scale and even at the local scale (Powlson et al., 2012).

The current prominent use of plant processing residues is its use for animal feeding (Mahro and Timm, 2007) due to its characteristics such as cheap, large available, and rich of nutrients. These residues have a high organic matter that is a high potential for soil organic matter addition and soil properties improvement. The use of these materials will increase organic matter and plant nutrient contents in soil and reduce the application of chemical fertilizers. The utilization of these residues for soil organic matter addition is also one of the solutions to overcome the problem of organic waste management and to reduce pollutions and harmful impacts from chemical fertilizer residues. The use of these residues is important for organic matter improvement in organic matter poor soil like in Indonesia and Turkey, and to reuse and recycle the organic materials and reduce



residue pollution especially from agricultural systems and industries. This paper gives brief information about some different plant-based industrial residues and their potential use for improving soil properties and plant growth.

## CHARACTERISTICS OF SOME INDUSTRIAL PLANT RESIDUES

Agricultural industries or agro-industries have so many commodities that produce so many different products. The production processes of these products also produce so many different by-products or residues. This paper tries to give information only about some major residues from some major agro-industrial production processes, especially in Turkey, they are; wheat bran, cottonseed oilcake, sunflower seed oilcake, rapeseed/canola seed oilcake and soybean oilcake.

### Wheat Bran

Wheat bran is one of the main wheat processing residues in temperate or subtropical areas. Wheat bran is composed of the pericarp and the outermost tissues of the seed, including the aleurone layer with a variable amount of remaining starchy endosperm. Wheat bran constitutes almost 10% of the total weight of wheat milled to flour (Rosenfelder et al., 2013). There is a lack of information about the use of wheat bran as organic fertilizer for agriculture, but with high protein and total C content, wheat bran is highly potential as organic fertilizer for organic matter addition. Table 1 shows the chemical compositions of wheat bran.

### Cottonseed Oilcake

One of the main residues of the seed oil industry including cottonseed oil is oilcake. Oil cakes or oil meals are solid residues obtained after oil extraction from the seeds (Kolesarova et al., 2011; Lomascolo et al., 2012). Oilcake or meals are mainly composed of proteins, fibers (lignocellulosic materials), and minerals (Lomascolo et al., 2012). Cottonseed contains about 20% oil, and after the extraction, the meal represents the primary by-product (45.5%), followed by the hulls (26%), and linters (8.5%). Cottonseed meal is one of the most important sources of vegetable protein along with soybean meal (Pickard et al., 2020). According to some previous reports, cottonseed oilcake has high organic matter and other beneficial nutrients (Table 1). With these characteristics, the amendment of cottonseed oilcake to the soil can greatly improve soil organic matter, other soil properties, and support plant growth.

### Sunflower Seed Oilcake

Sunflower (*Helianthus annuus*) is grown as an oilseed crop worldwide in temperate and subtropical climates in 72 countries. Among oilseeds, sunflower generally ranks fifth behind soybean, rapeseed, cottonseed, and peanut, with an average annual world production of 32–44 million tons (Seiler and Gulya, 2016). The residues of sunflowers are quite high, namely 3-7 tons of dry matter ha<sup>-1</sup> (Kaya et al., 2006). In 2008-2009, the world sunflower seed production was about 33 million tons, around 8.5% of the world's total oilseed production. Seed oilcake is one of the main residues from sunflower seed oil production. In 2011, the production of sunflower meal or oilcake was estimated at 14.9 million tons. This large quantity makes this residual meal a crucial issue and has been increasing interest in its recovery and gainful utilization (Lomascolo et al., 2012). Sunflower seed oilcake has a high potential for soil organic matter addition and organic fertilizer due to its characteristics as shown in Table 1.

### Rapeseed/Canola Seed Oilcake

Rapeseed or canola (*Brassica napus L.*) is one of the most important oil plants and it takes the third place after soy and palm (Lomascolo et al., 2012). Rapeseed has become an important crop in the temperate zones of the world, with production in more than 30 countries on 5 continents (Pickard et al., 2020). In these 30 countries, rapeseed is the most important agricultural plant. It is grown for seeds which contain about 40-49% of oil and 18-25% of protein (Kraljevic et al., 2008). Oilcake or meal is the main residue of the production process of oil from rapeseed. In 2011 the production of rapeseed meal was estimated at 35 million tons (Lomascolo et al., 2012). Canola/rapeseed oilcake is an internationally traded commodity that contains 36-38% crude protein and a favorable assortment of essential amino acids in its protein (Pickard et al., 2020). Rapeseed oilcake contains the nutrients at a higher concentration than chicken manure. The use of such organic materials in agriculture may contribute to preserve the environment as well as improve farmland fertility (Zai et al., 2008). The properties of rapeseed oilcake can be seen in Table 1.

## Soybean Oilcake

Soybean is one of the most important oil plants in the world with palm and rapeseed (Lomascolo et al., 2012). Soybeans exported from the USA were the fourth most important agricultural commodity in dollar value traded globally in 2004. Soybean meal is an important input to livestock and fish production globally and comes from the cake of soybeans after crushing the bean and extracting the soybean oil. The amount of soybean and soybean meal globally increased from 48 million tons in 1985 to 106 million tons in 2004 (Dalgaard et al., 2008). Soybean meal accounts for 55% of the global production of defatted protein meals, which makes soybean meal the primary plant-based protein source in feed formulation (Pickard et al., 2020). As a product of legume plant, soybean oilcake also has high nutrients, especially protein and total N. The previous study has also reported that soybean oilcake has high organic matter and other nutrients as presented in Table 1.

**Table 1.** Characteristics of some industrial plant residues

Characteristic	Wheat Bran	Cottonseed Oilcake	Sunflower Seed Oilcake	Rapeseed Oilcake	Soybean Oilcake
Dry matter (%)	94.50	94.30	91.00	90.00	84.80
Bulk density (kg m <sup>-3</sup> )	NA	NA	539.10	403.60	NA
Porosity (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	NA	NA	0.51	0.64	NA
Crude protein (%)	22.10	40.30	34.10	34.85	47.50
Crude fiber (%)	NA	15.70	13.20	9.70	5.10
Total carbohydrates (%)	56.80	NA	23.47	22.08	NA
Lipid (%)	3.90	NA	2.75	13.05	NA
Hemicellulose (%)	NA	NA	4.42	2.04	NA
Celulose (%)	NA	NA	14.67	8.18	NA
Lignin (%)	NA	NA	7.72	6.53	NA
Ash (%)	8.10	6.80	6.60	6.20	6.40
pH	NA	6.20	NA	5.65	6.40
Organic matter (%)	NA	63.60	NA	NA	62.23
Total C (%)	45.50	36.97	49.80	42.85	36.18
Total N (%)	2.53	2.75	4.70	6.65	7.48
C/N	18.00	13.44	10.60	6.43	4.83
P (%)	0.01	0.83	1.30	1.99	0.69
K (%)	2.67	2.38	NA	1.89	1.78
Ca (%)	NA	0.91	0.30	0.10	0.54
Mg (%)	NA	0.53	NA	0.03	0.36
S (%)	NA	NA	0.30	0.60	NA
Fe (ppm)	NA	539.40	NA	NA	1517.20
Cu (ppm)	NA	9.40	NA	NA	19.60
Mn (ppm)	NA	26.20	NA	NA	66.20
Zn (ppm)	NA	30.80	NA	NA	64.80
Si (mg 100g <sup>-1</sup> )	10.98	NA	NA	NA	NA

NA : No data found.

Sources: Verhoven, 2001; Yılmaz and Alagöz, 2005; Ramachandran et al., 2007; Zai et al., 2008; 2009; Kolesarova et al., 2010; Kolesarova et al., 2011; Abbas et al., 2012; Rosenfelder et al., 2013; Aprich et al., 2014; Meena et al., 2014; de Castro et al., 2016.

## THE APPLICATION OF INDUSTRIAL PLANT RESIDUES

### Effects of Industrial Plant Residues on Soil Improvement

In Table 1 it can be seen that these plant industrial plant residues have good physical and chemical properties such as organic matter, N, P, K, and other macro and microelements that are highly potential to be utilized for soil improvement. There is not much information about the application of these residues for improving the soil properties can be found. Table 2 presents some previous studies on the application of these residues in improving the physical, chemical, and biological properties of the soil.

**Table 2.** Several previous studies on the effect of the application of some industrial plant residues on soil properties improvement

Reference	Residue	Effect
Mian and Rodriguez-Kabana (1982)	Cottonseed oilcake	Increased pH, conductivity, nitrate-nitrogen, and urease activity
Abd-Alla et al. (2001)	Wheat bran	Increased the survival of soil microorganisms
Verhoven (2001)	Wheat bran	Increased water content, organic carbon, nitrogen, C/N ratio and soil microfauna
Meng et al., (2005)	Composted mixture of wheat straw, rapeseed oil cake, and cottonseed cake	Increased organic C and N contents; decreased pH, bulk densities and annual N <sub>2</sub> O emission
Yılmaz and Alagöz (2005)	Cottonseed oilcake	Improved soil aggregate formation and stability for 8-4 and 1-0.5 mm aggregate sizes
	Soybean oilcake	Improved aggregate formation for 8-4 and 1-0.5 mm aggregate sizes
Chu et al. (2008)	Composted mixture of wheat straw, rapeseed oil cake, and cottonseed cake	Increased soil ammonia-oxidizing bacteria (AOB) population, specific nitrification potential
Abe et al. (2010)	Rapeseed oil cake	Increased major soil fertility parameters; decreased the concentration of potential pollutants
Yu et al., (2012a)	Composted mixture of wheat straw, rapeseed oil cake, and cottonseed cake	Increased increased the mass proportion of macro-aggregates, soil organic C concentrations
Yu et al. (2012b)	Composted mixture of wheat straw, rapeseed oil cake, and cottonseed cake	Increased soil organic C, stability of organic C; decreased specific C mineralization rate
Zaccardelli et al. (2013)	Sunflower oil meals	Increased enzymatic activities, respiration rate of the soil, and microbial activity.
Mazzocini et al. (2015)	Sunflower oilcake	increased organic N pool and reduced nitrate leaching of the soil
Scotii et al. (2018)	Sunflower seed cake	Increased soil microbial activity.
Wang et al. (2020)	Rapeseed oilcake	Increased available N content

### Effects of Industrial Plant Residues on Plant Growth and Development

Several previous studies have reported the application of these industrial plant residues for the improvement of plant growth and development. These studies showed that the application of these industrial plant residues could affect the growth and development of the plants positively and negatively. Table 3 summarizes the list of several previous studies on the effect of the application of some industrial plant residues on plant growth and development.

**Table 3.** Several previous studies on the effect of the application of some industrial plant residues on plant growth and development

Reference	Residue	Target Plant	Effect
Mathur and Prasad (1973)	Cottonseed oilcake	Rice	Positive
Mishra and Prasad (1974)	Cottonseed oilcake	Wheat and mung bean	Positive
Mian and Rodriguez-Kabana (1982)	Cottonseed oilcake	Squash	Negative
Gagnon and Berrouard (1994)	Wheat bran, rapeseed and cottonseed meals	Tomato	Positive
Yasin and Ismail (1994)	Cottonseed, soybean, and sunflower seed oilcakes	Cowpea	Positive
Walker (1996)	Rapeseed seed meals	Tomato	Negative
Koller et al. (2004)	Sunflower seed and rapeseed cakes	Lettuce and Chinese cabbage	Insignificant
		Cress	Negative
Hoagland et al. (2008)	Soybean seed meal	Wheat and hairy vetch	Negative
Abe et al. (2010)	Rapeseed oilcake	Rice	Positive
Anis et al. (2010)	Cottonseed oilcake	Sunflower plants	Positive
Fine (2010)	Cottonseed meal	Marigold and redbud	Negative
	Canola seed meal	Marigold and redbud	Positive
Radwan et al. (2011)	Cotton seed meal	Tomato	Negative
	Soybean meal	Tomato	Insignificant
Rizvi et al. (2012)	Soybean cakes	Chickpea	Positive
Belay et al. (2013)	Rapeseed cake	Tomato seedling	Positive
Badar et al. (2014)	Wheat bran compost	Mungbean	Positive
Kumar et al. (2014)	Cottonseed cake	<i>Dalbergia latifolia</i> Roxb.	Positive
Badar and Qureshi (2015)	Composted wheat bran	Sunflower	Positive
Badar et al. (2015)	Wheat bran	Cowpea	Positive
Kim et al. (2015)	Wheat bran, rapeseed and soybean oilcakes	Persimmon	Positive
Kowalska and Smolinska (2015)	Rapeseed meals	Onion seedlings	Positive
Mazzocini et al. (2015)	Sunflower meal	Lettuce, chard and spinach	Positive
		Barley	Positive
Mocali et al. (2015)	Sunflower meal	Tomato	Positive
Park et al. (2017)	Rapeseed meal	Rice	Positive
Kadam and Jagtap (2018)	Sunflower seed and cottonseed cakes	Ginger	Positive
Parveen et al. (2019)	Cottonseed oilcake	Tomato	Positive
Ronga et al. (2019)	Sunflower seed meal	Cardoon	Positive
Wang et al. (2020)	Rapeseed oilcake	Blueberry	Positive
Yang et al. (2020)	Rapeseed oilcake	Blueberry	Negative

### LIMITATION OF OF THE APPLICATION OF SOME INDUSTRIAL PLANT RESIDUES FOR PLANT GROWTH AND DEVELOPMENT IMPROVEMENT

According to previous studies as presented in Table 3, the application of these plant residues did not always have positive effects on the growth and development of plants, some studies also showed the negative effects. This was thought to be caused by the release of bioactive or allelochemical compounds from the decomposition of organic matters, especially oilcakes. These compounds cause allelopathic or phytotoxicity effects which can cause plants to experience the inhibition of germination, inhibition of growth, and even death. Phytotoxicity effects of oilcakes had been reported by several previous study results. Cottonseed oilcake was reported to have phytotoxicity on the growth of squash (Mian and Rodriguez-Kabana, 1982), cress (Koller et al., 2004), marigold and redbud (Fine, 2010), and tomato plants (Radwan et al., 2011). Rapeseed oilcake was reported to have phytotoxicity effects on tomato (Walker, 1996), cress Koller et al., 2004) and blueberry (Yang et al.,

2020). Sunflower oilcake was reported to have phytotoxicity effects on cress plants (Koller et al., 2004). Meanwhile, soybean oilcake on wheat and hairy vetch Hoagland et al. (2008).

The toxicity effect of rapeseed or canola oilcake due to its bioactive compounds named glucosinolates (Brown et al., 1991). The toxicity of glucosinolates is not attributed to direct contact to these compounds, but instead to biologically active products such as isothiocyanates (ITCs), organic cyanides, oxazolidinethiones, and ionic thiocyanate ( $SCN^-$ ) released upon enzymatic degradation of glucosinolates by myrosinase (thioglucoside glucohydrolase) in the presence of water (Brown et al.; 1991; Morra, 2005). Brown et al. (1991) also reported that rapeseed oilcake had at least five types of glucosinolates, namely 2-Hydroxy-3-butenyl (progoitrin), 3-Butenyl (glucanapin), 4-Pentenyl (glucobrassicinapin), indole (glucobrassicin), and 2-Hydroxy-4-pentenyl (2-hydroxy-glucobrassicinapin) glucosinolate ions. The study also reported the presence of isothiocyanates (ITCs) and ionic thiocyanate ( $SCN^-$ ) from the soil amended with rapeseed oilcake.

Sunflower plants have allelopathic compounds, mostly are phenolic compounds including sesquiterpene lactones, triterpene, diterpenes, heliangolides (annuithrin or niveusin C), germacranolides, furanoheliangolide, niveusin B, germacranolides, 3-ethoxy-niveusin B, ethoxyheliangolide, heliespirones A, annuionones, helinorbisabones, helibis-abonols, heliannuols, coumarins, scopoletin, and flavonoids (Fernandez-Luqueno et al., 2014). Bau et al. (1983) also reported that sunflower seed meal had phenolic contents range from 2.54 to 4.61%, of which up to 78.60% are soluble (free) and 21.40% are protein-bound.

There was no detailed information found about specific compounds in soybean oilcake that potentially have a phytotoxicity effect on plants. However, Yan and Yang (2008) summarized that soybean can produce allelochemicals from different parts of the plant and in different ways. Granato et al. (1983) reported that the roots of soybean produced some compounds that represent a source of potential allelochemicals. The study showed that soybean roots contained compounds that have properties closely related to a glycoside of daidzein and also coumestrol. Iman et al. (2006) extracted some compounds from soybean plants that have properties similar to coumarin. Huang (2001) also extracted some compounds from the soil in rotation and continuous cropping system using soybean crops and found three isoflavonoids such as daidzein, genistein, and coumestrol.

In cotton plants, some allelochemical compounds are well known such as gossypol, tannins, flavonoids, and anthocyanins. Degradation of gossypol from cotton plants produces some terpenoids (Hedin and McCarty Jr., 1994); sesquiterpenoids and sesterterpenoids (Stipanovic et al., 2007). Gossypol is present in any parts of the cotton plant including in cottonseed cake. Gossypol in cottonseed cake present in both free and bounded forms. Bound forms of gossypol are complexes of gossypol with other oilseed components such as proteins, lipids, and nucleic acids. Most of the toxicity is caused by the free gossypol, which can be present in cottonseed oilcake up to 0.02% by mass (Maksimov et al., 2010).

## CONCLUSION

Industrial plant residues have a high potential for the improvement of soil and plant growth and development due to their physical and chemical properties. According to previous studies, some industrial plant residues mentioned above have positive effects on the soil properties. Previous studies also showed that some industrial plant residues mentioned above have differed on plant growth and development. Some industrial plant residues have some limitations in their application such as their bioactive contents that potentially have phytotoxicity effects on plant growth and development.

## REFERENCES

- Abbas M, Atiq-ur-Rahman M, Manzoor F, Farooq A 2012. A quantitative analysis and comparison of nitrogen, potassium and phosphorus in rice husk and wheat bran samples. *Pure Appl. Bio.*, 1(1): 14-15.
- Abd-Alla MH, Omar SA, Omar SA 2001. Survival of *Rhizobia/Bradyrhizobia* and a rock-phosphate-solubilizing fungus *Aspergillus niger* on various carriers from some agro-industrial wastes and their effects on nodulation and growth of faba bean and soybean. *Journal of Plant Nutrition* 24(2): 261-272.
- Abe SS, Hashimoto S, Umezane T, Yamaguchi T, Yamamoto S, Yamada S, Endo T, Nakata N 2010. Agronomic and environmental performance of rapeseed oilcake in the lowland rice farming of Japan. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 41: 1944-1958.
- Anis M, Zaki MJ, Dawar S 2010. Effect of oilseed cakes alone or in combination with *Trichoderma* species for the control of charcoal rot of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Pak. J. Bot.*, 42(6): 4329-4333.

- Aprich S, Tirpanalan Ö, Hell J, Reisinger M, Bohmdorfer S, Siebenhandl-Ehn S, Novalin S and Kneifel W 2014. Wheat bran-based biorefinery 2: Valorization of products. LWT-Food Science and Technology 56: 222-231.
- Badar R Qureshi SA 2015. Utilization of composted agricultural waste as organic fertilizer for the growth promotion of sunflower plants. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 3(5): 184-187.
- Badar R, Aslam I, Ibrahim S, Shobbir S 2014. Comparative effect of composts with and without microbial inoculants on the growth of *Vigna radiata*. IJAPBC, 3(1): 100-105.
- Badar R, Khan M, Batool B, Shabbir S 2015. Effects of organic amendments in comparison with chemical fertilizer on cowpea growth. International Journal of Applied Research, 1(4): 24-29.
- Bau HM, Mohtadi-Nia DJ, Mejean L, Debry G 1983. Preparation of colorless sunflower protein products: Effect of processing on physicochemical and nutritional properties. J. Am. Oil Chem. Soc., 60(6): 1141-1147.
- Belay B, Sakhujia PK, Tefera T 2013. Integrated management of root-knot nematode (*Meloidogyne incognita*) for tomato production and productivity. Ethiop. J. Sci. & Technol., 6(2): 79-91.
- Brwon DP, Morra MJ, McCaffrey JP, Auld DL, Williams L 1991. Allelochemicals produced during glucosinolate degradation in soil. Journal of Chemical Ecology, 17(1): 2021-2034.
- Çepel N 1988. Toprak İlimi Ders Kitabı Orman Topraklarının Karakteristikleri, Toprakların Oluşumu, Özellikleri ve Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Chu H, Fujii T, Morimoto S, Lin X, Yagi K 2008. Population size and specific nitrification potential of soil ammonia-oxidizing bacteria under long-term fertilizer management. Soil Biology & Biochemistry 40: 1960-1963.
- Dalgaard R, Schmidt J, Halberg N, Christensen P, Thrane M, Pangue WA 2008. LCA of soybean meal. Int. J. LCA., 13(3): 240-254.
- de Castro AM, Castilho LDR, Freire DMG 2016. Characterization of bagasse, canola, castor seed and sunflower residual cakes for use as raw materials for fermentation processes. Industrial Crops and Products, 83: 140-148.
- Fenton M, Albers C, Katterings Q 2008. Soil organic matter. Agronomy Fact Sheet Series No. 41. New York: Cornell University Cooperative Extension.
- Fernandez-Luqueno F, Lopez-Valdez F, Miranda-Arambula M, Rosas-Morales M., Pariona N, Espinoza-Zapata R 2014. An introduction to the sunflower crop. In Arribas JI. Sunflowers. New York: Nova Science Publishers, pp. 1-18.
- Fine KE 2010. The use of cottonseed meal with or without soapstock or canola meal without soapstock as an organic fertilizer. Thesis. Oklahoma: Oklahoma State University.
- Gagnon B, Berrouard S 1994. Effects of several organic fertilizers on growth of greenhouse tomato transplants. Can. J. Plant Sci., 74(1): 167-168.
- Gezgin S 2018. Türkiye topraklarının organik madde durumu, organik madde kaynaklarımız ve kullanımı. In: Kınacı (Ed.), Organomineral Gübre Çalıştayı Bildiriler. İstanbul: TEMA, pp:12-16.
- Granato TC, Banwart WL, Porter PM, Hasset JJ 1983. Effect of variety and stage of growth on potential allelochemical compounds in soybean roots. Journal of Chemical Ecology, 9(8): 1281-1291.
- Hedin PA, McCarty Jr JC 1994. Bioregulator-induced effects on the allelochemicals and agronomic traits of cotton. In: Hedin PA. Bioregulators for Crop Protection and Pest Control. Washington: American Chemical Society.
- Hoagland L, Carpenter-Boggs L, Regoland JP, Mazzola M 2008. Role of native biology in Brassicaceous seed meal-induced weed suppression. Soil Biology and Biochemistry, 40: 1689-1697.
- Huang B 2001. Separation and determination of isoflavonoids from soybean (*Glycine max* L.) and study on their allelopathy effect on the soybean seedlings. Thesis. Beijing: China Agriculture University.
- Iman A, Wahab Z, Rastan SOS, Halim MRA 2006. Allelopathic effect of sweet corn and vegetable soybean extract at two growth stage on germination and seedling growth of corn and soybean varieties. Journal of Agronomy 5(1): 62-68
- Kadam RV, Jagtap GP 2018. Evaluation of organic amendments against *Ralstonia solanacearum* causing bacterial wilt of ginger. Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci., Special Issue(6): 1618-1623.
- Kaya Y, Sengül M, Ögütçü H, Algur OF 2006. The possibility of useful usage of biodegradation products of sunflower plants. Bioresource Technol., 97: 599-604.

- Kim BS, Pagay V, Chi KC, Na YG, Yun BK, Choi KJ, Jung SK, Choi HS 2015 Effect of oil cake application on soil and leaf nutrition and on fruit yields in non-astringent persimmon (*Diospyros x kaki* Thunb.) trees. The Journal of Horticultural Science and Biotechnology, 9(2): 203-209.
- Kolesarova N, Hutnam M, Bodik I, Spalkova V 2011. Utilization of biodiesel by-products for biogas production. Journal of Biomedicine and Biotechnology, 126798.
- Koller M, Alfoldi T, Siegrist M, Weibel F. 004. A comparison of plant and animal based fertilizers for the production of organic vegetable transplant. Acta Hort., 631: 209-215.
- Kowalska B, Smolinska U 2015. Soil incorporation of Cruciferous plant residues as a control strategy for *Pantoea ananatis* colonization of onion seedlings. Journal of Plant Pathology, 97(2): 235-242.
- Kraljevic D, Sumanovac L, Plascak I 2008 Wheat and barley yields affected by the rotation of oilseed rape as the preceding crop. Proceeding of the VII. Alps-Adria Scientific Workshop. Stara Lesna. pp. 1511-1514.
- Kumar V, Kumar S, Jha SK, Madathil JC 2014. Influence of de-oiled seed cakes on seedling performance of East Indian Rosewood (*Dalbergia latifolia* Roxb.). Soil Environ., 33(2): 169-174.
- Lamascolo A, Uzan-Boukhris E, Sigoillot JC and, Fine F 2012. Rapeseed and sunflower meals. A review on biotechnology status and challenges. Appl. Microbiol. Biotechnol., 95: 1105-1114.
- Mahro B, Timm M 2007. Potential of biowaste from the food industry as a biomass resource. Eng. Life Sci. 7(5): 457-468.
- Maksimov VV, Veshkurova ON, Uzbekov VV, Salikhov ShI, Laird DA 2010. Sorption of gossypol released during in vitro stimulated GI digestion of cottonseed oil cake by Uzbek bentonites. In: Proceeding of 2nd International Symposium on Edible Plant Resources and the Bioactive Ingredients, pp. 141.
- Mathur VK, Prasad SK 1973. Control of *Hirschmanniella oryzae* associated with paddy. Indian J. Nematol., 3: 54-60.
- Mazzocini M, Antichi D, Tavarini S, Silvestri N, Lazzeri L, D'Avino L Effect of defatted oilseed meal applied as organic fertilizers on vegetable crop production and environmental impact. Industrial Crops and Products, 75: 54-64.
- Meena VD, Dotaniya ML, Coumar V, Rajendiran S, Ajay, Kundu S, Rao AS 2014. A case for silicon fertilization to improve crop yields in tropical soil. Proc. Ntl. Acad. Sci. India. Sect. 84(3): 505-518.
- Meng L, Ding W, Cai Z 2005. Long-term application of organic manure and nitrogen fertilizer on N<sub>2</sub>O emission, soil quality and crop production in a sandy loam soil. Soil Biology & Biochemistry, 37: 2037-2045.
- Mian IH, Rodriguez-Kabana R 1982. Soil amendments with oil cakes and chicken litter for control of *Meloidogyne arenaria*. Nematropica 12(2): 205-220.
- Mishra SD, Prasad SK, 1974. Effect of soil amendment on nematodes and crop yields: I. Oil-seed cakes, organic matter, inorganic fertilizers and growth regulators on nematodes associated with wheat and their residual effect on mung. Indian J. Nematol., 4: 1-19.
- Morra MJ 2005. Chemically characterized meals currently available. In: Chemical Characterization and Release Efficiency of Defatted Mustard Meals, Subcontract Report. Colorado: National Renewable Energy Laboratory, 23 pp.
- Park W, Kim KS, Le JE, ChaYL, Moon YH, Song YS, Jeong EG, Ahn SJ, Hong SW, Lee YH 2017 Effect of different application levels of rapeseed meal on growth and yield components of rice. Appl. Biol. Chem., 60(4): 403-410.
- Parveen G, Mukhtar N, Kaleemullah, Sheikh MK 2019. Enhancement of growth and suppressing the root diseases of tomato plant by using organic amendment. Pure Appl. Biol., 8(2): 1092-1099.
- Pickard MD, da Silva Lima R, Shadidi F 2020. By-Product Utilization. In Shahidi, F. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Seven Edition. John Wiley & Sons. pp. 1-27.
- Powlson DS, Boghal A, Chambers BJ, Coleman K, McDonald A., Goulding KWT, Whitmore AP 2012. The potential to increase soil carbon stocks through reduced tillage or organic material additions in England and Wales: A case study. Agriculture, Ecosystems and Environment, 146: 23-33.
- Pringadi K 2009. Peran bahan organik dalam peningkatan produksi padi berkelanjutan mendukung ketahanan pangan nasional. Pembangunan Inovasi Pertanian, 2(1): 48-64.
- Radwan AA, Maadawy SI, Abu-Elamayen MM 2011. Oil cakes soil amendment effects on *Meloidogyne incognita*, root-knot nematode infecting tomato. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 42(1): 58-64.
- Ramachandran S, Singh SK, Lorroche C, Soccol SR, Pandey A 2007. Oilcakes and their biotechnological application - A review. Biosource Technology, 98: 2000-2009.

- Rizvi R, Mahmood I, Tiyagi SA Khan Z 2012. Conjoint effect of oil seed cakes and *Pseudomonas fluorescens* on the growth of chickpea in relation to the management of plant-parasitic nematodes. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 55(6): 801-808.
- Roman P, Martinez MM, Pantoja A 2015. *Farmer's Compost Handbook, Experiences in Latin America*. Santiago: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ronga D, Vilecco D, Zaccardelli M 2019. Effects of compost and defatted oilseed meals as sustainable organic fertilisers on cardoon (*Cynara cardunculus* L.) production in the Mediterranean basin. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 90(5): 664-675.
- Rosenfelder P, Eklund M, Mosethin R 2013. Nutritive value of wheat and wheat by-products in pig nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 185: 107-125.
- Scotti R, Pane C, Zaccardelli M 2018. Short-term interaction between organic matter from biofuel defatted oil cakes and soil microbiota in two intensive horticulture systems. *European Journal of Soil Biology*, 85: 30-35.
- Seiler GJ, Gulya TJ 2016. Sunflower: Overview. In Wrigley C, Seetharaman K, Corke H, Faubion J (eds), *Encyclopedia of Food Grains*, Second Edition. Amsterdam: Elsevier, pp. 247-253.
- Stipanovic RD, Bell AA, Liu J, Puckhaber S 2007. *Sesqui- and Sesterterpenoids of Cotton: Biosynthesis and Function*. United States Department of Agriculture. Texas: Southern Plains Agricultural Research Center.
- Ünver İ 2013. Toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri. In: Ünver İ, Anaç D (eds.), *Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını.
- USCC (United State Composting Council) 2008. *Compost and Its Benefits*. New York: USCC.
- Verhoven R 2001. Response of soil microfauna to organic fertilisation in sandy virgin soils of coastal dunes. *Biol. Fertil. Soils*, 34: 390-396.
- Wang X, Li Y, Ye X, Kang X, Wang J 2020. Effects of organic manure application on blueberry fruit quality and soil condition. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 474: 032022.
- Yan F, Yang Z 2008. Allelochemicals in pre-cowing soils of continuous soybean cropping and their autointoxication. In: Zeng RS, Mallik AU, Lou SM. *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. New York: Springer Science+Business Media, pp. 271-281.
- Yang X, Wang X 2020. Optimization of organic manure application for blueberry vegetative growth and photosynthesis. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 474: 032002.
- Yasin MY, Ismail AE 1994. Effect of some oilseed cakes as soil amendments and aldicarb on cowpea plants infected with *Rotylenchulus reniformis* Lin. & Ol. in relation to soil type. *Anz. Schadlingskde. Pflanzenschutz*, 67: 176-179.
- Yu H, Ding W, Luo J, Geng R, Cai Z 2012a. Long-term application of organic and mineral fertilizers on aggregation and aggregate-associated carbon in a sandy loam soil. *Soil & Tillage Research*, 124: 170-177.
- Yu H, Ding W, Luo J, Geng R, Ghani A, Cai Z 2012b. Effects of long-term compost and fertilizer application on stability of aggregate-associated carbon in an intensively cultivated sandy loam soil. *Biol. Fertil. Soils*, 48: 325-336.
- Zaccardelli M, Vilecco D, Celano G, Scotti R 2013. Soil amendment with seed meals: Short-term effects on soil respiration and biochemical properties. *Applied Soil Ecology*, 72: 223-231.
- Zai AKE, Horiuchi, Matsui T 2008. Effects of compost and green manure of pea and their combinations with chicken manure and rapeseed oil residue on soil and nutrient uptake in wheat-rice cropping system. *African J. Agric. Res.*, 3(9): 633-639.





## 2.2. POSTER PRESENTATIONS

---

---

## DPPH° scavenging activity of metals (Cu,Mg) decorated reduced graphene oxide at different stirring conditions

Aicha Bensouici<sup>1\*</sup> (<https://orcid.org/0000-0001-6060-6010>), Assia Mili<sup>2</sup>, Nacera Baali<sup>3</sup>  
(<https://orcid.org/0000-0001-9368-0241>), Naouel Redjem<sup>4</sup>, Leila Boumaza<sup>5</sup> & Noureddine Mebarki<sup>1</sup>

<sup>\*1</sup> Frères Mentouri University, Laboratoire de Physique Mathématique et Subatomique, Department of Physics, Constantine, Algeria.

<sup>2</sup>Ecole Nationale Supérieure de Biotechnologie, Constantine, Algeria.

<sup>3</sup> Frères Mentouri University, Department of Animal Biology, Constantine, Algeria.

<sup>4</sup>Larbi Ben M'hidi University, Department of Chemistry, Oum El-Bouaghi, Algeria.

<sup>5</sup> Frères Mentouri University, Laboratoire de Transformations de Phases, Department of Physics, Constantine, Algeria.

\*Corresponding author e-mail: bensouicia@yahoo.fr

### Abstract

Since materials properties is function of their structure, optimization of synthesis protocols is a principal aim in experimental works, in this brief study we confirm influence of stirring time on structural properties of Cu-rGO and Cu-rGO-Mg nanocomposites obtained using two steps chemical synthesis. Our graphene oxide samples were obtained firstly using modified Hummer's classical method of synthesis at different stirring time before starting graphite powder oxidation: 30min, 24h and leaved 24h without stirring. Cu-rGO X-ray diffraction (XRD) results show appearance of peaks related to copper oxides. Cu-rGO-Mg XRD spectra indicate presence of peaks related to copper oxides, magnesium oxide and hydroxide. DPPH° scavenging assay results indicate better antioxidant activity for Cu-rGO-Mg samples synthesized from graphene oxide obtained using modified Hummers method without stirring.

**Keywords:** DPPH°, antioxidant activity, stirring, decorated reduced graphene oxide.

### 1. Introduction:

Starting from first graphene sheet mechanical exfoliation date (2004), by Andre Geim and Konstantin Novoselov (Manchester University, Nobel Prize Laureates 2010), an extensive scientific attention was paid to graphene and graphene-based materials. With a large field of application in energy, electronics, renewable energy, materials composites and bio-medicine [1-3], the interest of scientists to this material is justified. Knowing that large scale economic graphene production of graphene can be achieved following a variety of experimental route derived from Hummers method, using graphite powder, sulfuric acid and potassium permanganate we can produce graphene oxide (GO) in a first step of synthesis, followed by a reduction procedure using different procedure and/or materials (thermal, enzymatic and green: reductions, hydrazine, hydrides, hydroxides, metals, redox active sulfur species, reductive acids, vitamin C and ...) [4,5]. Nevertheless, the obtained reduced graphene oxide (rGO) has lower quality compared to pristine graphene obtained from vapor phase techniques of synthesis. Although, Hummers method represents an important method of synthesis in fundamental research field and large scale industrial production. In this work, we use Modified Hummers method to obtain graphene oxide firstly at different stirring conditions. Then, we were interested by reduction and decoration of graphene oxide by copper and magnesium using refluxation technique, this technique can insure reduction and decoration of graphene oxide in the same reaction. The structure of our samples was carried out using X-ray diffraction technique and antioxidant activity was evaluated using DPPH assay.

### 2. Experimental:

All chemicals, including graphite powder (with diameter < 20 µm, synthetic), potassium permanganate, copper acetate, sulfuric acid (95–97%) and hydrogen peroxide were purchased from Sigma Aldrich (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA). All the chemicals used were of analytical grade and used without purification.

### 1<sup>st</sup> step: graphene oxide synthesis

GO synthesis was carried out using modified Hummers' method at different stirring conditions: 1 g of graphite was added to 25 ml of sulfuric acid (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) and stirred at room temperature for 30 min, 24h and kept without stirring for 24h before oxidation reaction. Then, 3 g of potassium permanganate (KMnO<sub>4</sub>) was added slowly (ice bath < 15 °C). After 2 h of stirring, 50 mL of ultra-purified distilled water (UP-DW) was added dropwise. Finally, 100 ml of UP-DW was added instantly and 5 ml of hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) was added dropwise to stop the reaction. Before starting characterizations, the obtained diluted acidic solution of GO was washed and centrifuged three times (10 min, 4000 rpm) (figure1) and dried at 50 °C for 48 h. These samples were named GO S-30min, GO -S24h and GO WS-24h referring to stirring time duration (30min, 24h and leaved 24h without stirring).

### 2<sup>nd</sup> step: Cu-rGO and Cu-rGO-Mg synthesis

Copper decorated reduced graphene oxide (Cu-rGO) samples were obtained using refluxation technique at 120 °C during 120 min. Graphene oxide and copper acetate were dispersed and sonicated in UP-DW and DMF, respectively (GO:Cu-Ac = 1:1, DW: DMF = 1:9). Three types of GO were used: GO S-30min, GO S-24h and GO WS-24h, leading to obtain three copper decorated samples types: (Cu-rGO S-30min, Cu-rGO S-24h and Cu-rGO WS-24h). After refluxation, our solution was washed, centrifuged, and dried in same conditions as the GO powder.

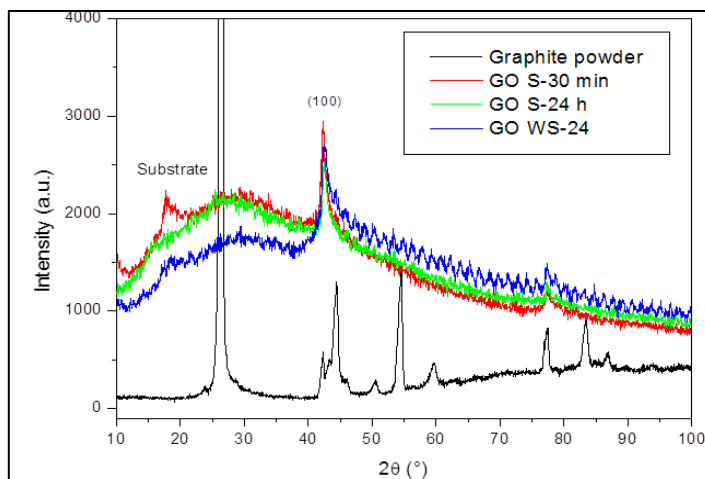
Copper-magnesium decorated reduced graphene oxide (Cu-rGO-Mg) samples were synthesized following the same protocol as Cu-rGO samples types, copper acetate and magnesium hydroxide were used as metal precursors (same amounts of metal precursor and graphene oxide powder were used with mass ratio of : (1:1:1)=(Cu-Ac:GO:Mg-hyd) .

X-ray diffraction technique was used to analyze GO, Cu-rGO and Cu-rGO-Mg samples using a PAN analytical EMPRYEN diffractometer, working with CuK<sub>α</sub> ray ( $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$ ).

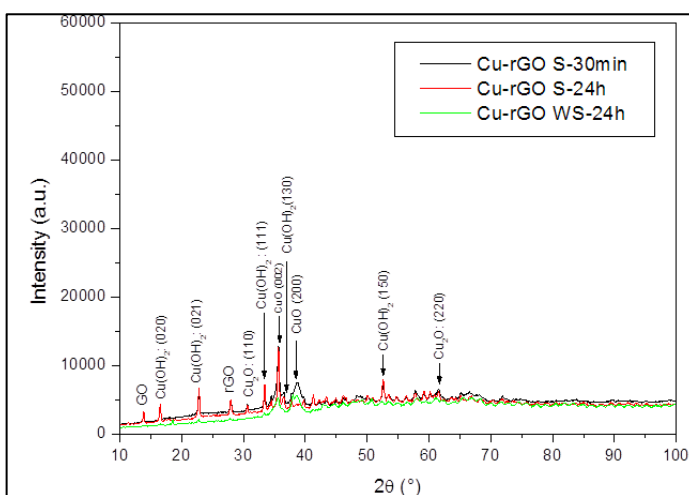
The antioxidant ability of Cu-rGO and Cu-rGO-Mg nanocomposites was determined on the basis of their scavenging activity of the stable DPPH free radical (DPPH°) [1]. Briefly, 0.1 mL of 400 $\mu$ g/mL of each compound in methanol was added to 1.9 mL of a methanol solution of DPPH (0.004%). The mixture was vigorously shaken and then allowed to stand at room temperature for 30 min in the dark [6]. The absorbance was determined at 517 nm using a Shimadzu UV-1280 spectrophotometer. Vitamin C was used as the standard antioxidant. All tests were performed in triplicate. The ability of scavenging DPPH radical was calculated as follow: Scavenging ability (%) = (A<sub>0</sub> - A<sub>1</sub>)/A<sub>0</sub> × 100. In the equation, A<sub>0</sub> is the absorbance of the control, while A<sub>1</sub> is the absorbance of sample.

## 3. Results and discussion

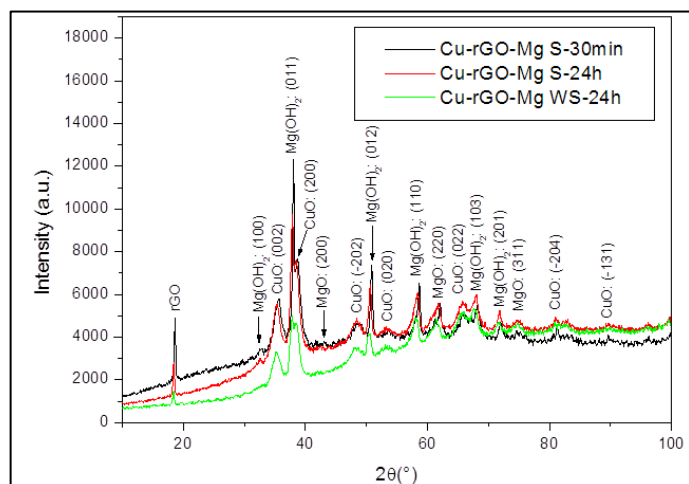
In Modified Hummers GO protocol of synthesis before adding the oxidant agent (potassium permanganate) graphite powder with precise size should be added and stirred in sulfuric acid during 30 minutes firstly. For our work we use three stirring conditions: 30min, 24h and solution kept for 24h without stirring. **Figure 1** displays XRD spectra of graphite and graphene oxide samples obtained at the above stirring conditions. Figure 1 shows XRD spectra of GO S-30min, S-24h and WS-24h samples recorded in 2theta region of 10 to 100 degrees. By excluding substrate diffraction response we observe similar XRD spectra and absence of peak near 26° indicates oxidization of graphite powder and formation of functional groups, leading to increasing in the inter planner spacing (d<sub>hkl</sub>). Unfortunately, we can't see clearly XRD peak near 10° since our spectra were recorded starting from 10 degrees 2 theta value.



**Fig. 1:** XRD spectra of graphite (black line) and GO obtained at different stirring conditions: 30min (red line), 24h (blue line) and kept 24h without stirring (green line)



**Fig. 2:** XRD spectra copper decorated reduced graphene oxide oxide samples: Cu-rGO S-30min, Cu-rGO S-24h and Cu-rGO WS-24h



**Fig. 3:** XRD spectra copper-magnesium decorated reduced graphene oxide samples: Cu-rGO-Mg S-30min, Cu-rGO-Mg S-24h and Cu-rGO-Mg WS-24h

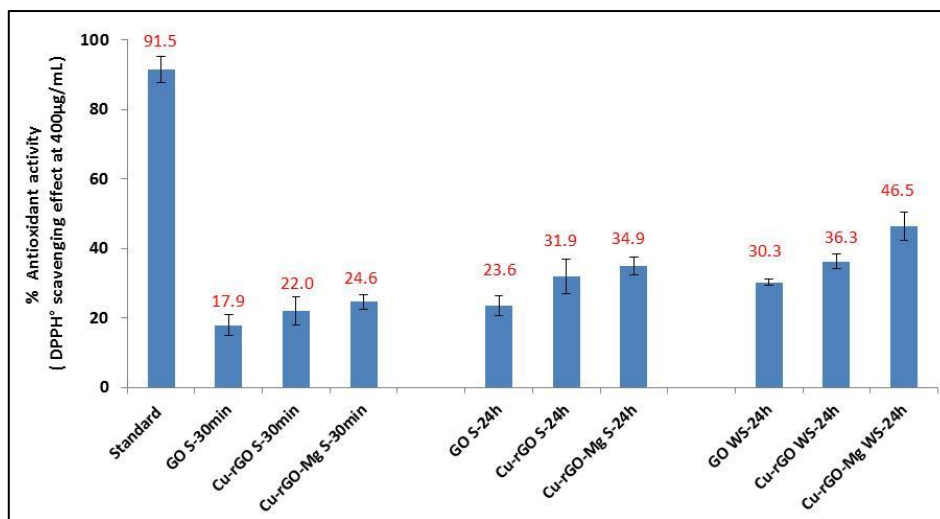
When reducing graphene oxide, the inter planner spacing decreased which leads increase in 2theta value. That's why we are getting 18° and 28° for copper and copper-magnesium decorated reduced graphene oxide, respectively. **Figure 2** displays XRD spectra of copper decorated reduced graphene oxide obtained after refluxation reaction using graphene oxide obtained at three different stirring conditions (conditions mentioned in experimental section). Firstly, we observe co-existence of XRD peaks related to graphene oxide (near 13°) and reduced graphene oxide (near 28°), informing about partial reduction of GO samples. Furthermore, after comparison with ICDD cards of expected crystalline phases to be probably formed during reaction, we note in all Cu-rGO XRD spectra, the appearance of peaks related to copper oxides (CuO and Cu<sub>2</sub>O) and copper hydroxide (Cu(OH)<sub>2</sub>), indicating a negligible stirring effect on phases types formation during refluxation reaction except a considerable decreasing in all XRD peaks intensity of copper hydroxide in Cu-rGO WS-24h samples. **Figure 3** shows XRD spectra of copper-magnesium decorated reduced graphene oxide obtained from the same graphene oxide used in Cu-rGO synthesis. After comparison with ICDD cards of possible existing phases, we indicate appearance of XRD peaks related to copper oxide (CuO), magnesium oxide (MgO) and magnesium hydroxide, more details about XRD peaks indexation of Cu-rGO S-30min and Cu-rGO-Mg S-30min samples are listed in

**Table 1.** (hkl) indexing of Cu:rGO S-30min and Cu:rGO-Mg S-30min

	2θ (°)	(hkl)	Phase	Ref.
(hkl) indexing of Cu:rGO S-30min	5.74	(002)	CuO Cryst. structure: Monoclinic JCPDS-45-0937	[7]
	38.48	(200)		
	30.57	(110)	Cu <sub>2</sub> O Cryst. structure: Cubic JPCDS-77-0199	[8,9]
	61.70	(220)		
	16.60	(020)	Cu(OH) <sub>2</sub> Cryst. structure: Orthorhombic (JCPDS 35-0505)	[10,11]
	22.99	(021)		
33.47	(111)			
36.35	(130)			
52.59	(150)			
(hkl) indexing of Cu:rGO-Mg S-30min	35.73	(002)	CuO Cryst. structure: Monoclinic JCPDS-45-0937	[7]
	38.63	(200)		
	48.50	(-202)		
	53.66	(020)		
	65.82	(022)		
	81.31	(-204)		
	89.65	(-131)		
	43.03	(200)	MgO Cryst. structure: Cubic (JCPDS 87-0653)	[12,13]
	62.01	(220)		
	74.91	(311)		
	32.70	(100)	Mg(OH) <sub>2</sub> Cryst. structure: hexagonal (brucite) (JCPDS : 00-007-0239)	[14,15]
	38.02	(011)		
50.92	(012)			
58.67	(110)			
68.23	(103)			
72.04	(201)			

**Figure 4** presents the antioxidant activity determined by DPPH° assay for metals (Cu, Mg) decorated rGO at different stirring conditions. The DPPH antioxidant assay is based on the capability of 1,1-diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH), a stable free radical, to decolorize in the presence of antioxidants. The DPPH radical contains an odd electron, which is responsible for the absorbance at 517 nm and also for a visible deep purple color. When DPPH accepts an electron donated by an antioxidant compound, the DPPH is decolorized, which can be quantitatively measured from the changes in absorbance. In this study, all the tested compounds exhibited noticeable antioxidant abilities [6]. At 400µg/mL, the antioxidant activities of standard and tested

compounds were as follow : Standard (91.5%), GO S-30min (17.9%), Cu-rGO S-30min(22,0%), Cu-rGO-Mg S-30min(24,6%), GO S-24h(23.6%), Cu-rGO S-24h (31.9%), Cu-rGO-Mg S-24h (34.9%), GO WS-24h (30.3%), Cu-rGO WS-24h(36.3%) and Cu-rGO-Mg WS-24h (46.5%). In other term and according to stir condition we can distinguish that the best antioxidant behavior was showed with compounds synthetized under WS-24hours followed by those S-24hours and S-30min. This result suggests that WS-24hours creates a desired structure (or condition), thereby improving GO, Cu-rGO and Cu-rGO-Mg nanocomposites antioxidant capacity. It has been shown recently that GO sample with 72 h stirring duration (GO 72h) has the highest degree of oxidation among other samples (GO 20h, GO 40h, GO 60h, and GO 80h). GO72h condition is fully attributed to the efficient absorption rate of nanocomposites and the reduction of the recombination rate of TiO<sub>2</sub> by GO in dye-sensitized solar cells [16].



**Fig.4 :** Antioxidant activity of metals (Cu, Mg) decorated reduced graphene oxide at different stirring conditions using DPPH° scavenging assay (n=3).

#### 4. Conclusion

In conclusion, XRD analysis confirms formation of mixing phases copper/magnesium oxides and hydroxides during refluxation reaction at 120°C with, more or less, negligible effect of stirring parameter during GO synthesis. Although, DPPH assay indicates better antioxidant activity for Cu-rGO-Mg samples compared to Cu-rGO and GO samples. Furthermore, GO, Cu-rGO and Cu-rGO-Mg WS-24 samples type display better antioxidant activity compared to S-30min and S-24h one. We determine WS-24h as optimal condition during GO synthesis leading to best antioxidant activity. More powerful structural characterization (x-ray photoelectronic spectroscopy) will be carried out in the near future to characterize our nanocomposites to confirm rigorous chemical phases identification.

#### 5. References

- [1] F. Perrozzi, S. Prezioso, L. Ottaviano. Graphene oxide: from fundamentals to applications. *J. Phys. Condens. Matter*, 2015, 27(1):013002; doi: 10.1088/0953-8984/27/1/013002
- [2] A. T. Smith, A. M. LaChance, S. Zeng, B. Liu, L. Sun. Synthesis, properties, and applications of graphene oxide/reduced graphene oxide and their nanocomposites, *Nano Materials Science*, 2019, 1(1):31- 47
- [3] L. Kui, Z. GuiXia, W. Xiang Ke. A brief review of graphene-based material synthesis and its application in environmental pollution management, *Chin. Sci. Bul.*, 2012, 57: 1223-1234 ; doi: 10.1007/s11434-012-4986-5
- [4] S. Eigler, S. Grimm, M. Enzelberger-Heim, P. Muller, A. Hirsch. Graphene oxide: efficiency of reducing agents. *Chem. Commun.*, 2013, 49, 7391
- [5] M. T. H. Aunkor, I. M. Mahbulbul, R. Saidur, H. S. C. Metselaar. The green reduction of graphene oxide. *RSC Adv.*, 2016, 6, 27807
- [6] M.S.Blois. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 1958, 181: 1199-1200.

- [7] CH. Ashok, K.V. Rao, CH.S. Chakra. Structural analysis of CuO nanomaterials prepared by novel microwave assisted Method. *J. Atoms and Molecules*, 2014, 4(5), 803-806
- [8] Q. He, Y. Tian, Y. Wu, J. Liu, G. Li, P. Deng, D. Chen. Electrochemical sensor for rapid and sensitive detection of tryptophan by a Cu<sub>2</sub>O nanoparticles-coated reduced graphene oxide nanocomposite. *Biomolecules*, 2019, 9, 176; doi:10.3390/biom9050176
- [9] M. Kooti, L. Matouri. Fabrication of nanosized cuprous oxide using fehling's solution,. transaction F. *Nanotech* ,17( 1): 73-78
- [10] A. M. Awwad, B. Albiss, Biosynthesis of colloidal copper hydroxide nanowires using *Pistachio* leaf extract. *Adv. Mater. Lett.*, 2015, 6(1): 51-54
- [11] J. Wang, L. Zhu, L. Ji, Z. Chena. Preparation of nanostructured Cu(OH)<sub>2</sub> and CuO electrocatalysts for water oxidation by electrophoresis deposition. *J. Mater. Res*, 2018, 33(5), 581-589
- [12] Y.J.Heo, S.J. Park. Facile synthesis of mgo modified carbon adsorbents with microwave-assisted methods: Effect of MgO particles and porosities on CO<sub>2</sub> capture. *Sci Rep*, 2017,7: 1-9
- [13] M. Li, S. Zhou, M. Xu. Graphene oxide supported magnesium oxide as an efficient cathode catalyst for power generation and wastewater treatment in singlechamber microbial fuel cells. *Chem. Eng. J.*, 2017, 328: 106-116
- [14] S. Purwajanti, X. Huang, Y. Liu, Y. Yang, O. Noonan, H. Song, J. Zhang, J. Zhang, J. Fu, C. Liang, C. Yu. Mg(OH)<sub>2</sub>-MgO@reduced graphene oxide nanocomposites: The roles of composition and nanostructure on arsenite sorption, *J. Mat. Chem.*, 2013, 1: 1-10
- [15] K. M. Saoud, S. Saeed, R. M. Al-Soubaihi, M. F. Bertino, Microwave assisted preparation of magnesium hydroxide nano-sheets. *Am. J. Nanomaterials*, 2014, 2(2):21-25
- [16] X.H.Yau, F.W.Low, C.S. Khe, C.W.Lai , S.K.Tiong, N. Amin . An investigation of the stirring duration effect on synthesized graphene oxide for dye-sensitized solar cells. *PLoS One*. 2020 Feb3;15(2):e0228322. doi: 10.1371/journal.pone.0228322. eCollection 2020.

## Blood group definition by simulation of MEMS sensor

Mohammed M. Hasan, Alaa H. Hammad, Dr. Sevil Ozer

Science institute Biomedical Engineering, yenyuzuyl university, Istanbul, Turkey

Corresponding author e-mail: eng.moh76@yahoo.com

### Abstract

This article describes how the determination of blood group by using the Finite Element Modeling (FEM) program to design MEMS cantilever structure and compared with manual methods. The structure of the cantilever has designed as a sensing layer and when it contact with blood sample, it resulted coagulation. In turn due to the chemical and biological reactions between antigen and antibodies surface tension occurs on the surface of four cantilever beams of a structure. This surface tension (surface stress) leads to a deflection of the beam. The surface stress on cantilever makes it to bend and this deformation helps in determination of blood group along with the Rh- factor.

The relationship between pressure and total displacement in cantilever linear, and used two types material (Si-Polycrystalline & Gold), we conclude that the accuracy of the Au material response is twice that of Si (Si-Polycrystalline) material.

**Keywords:** Blood group determination, sensor, MEMS, (FEM), cantilever

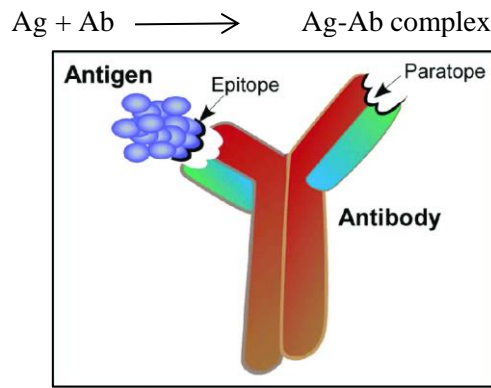
### Introduction

Blood is one of the most important components of the body. The human body generally contains 4-6 liters of blood, which in turn consists of a variety of different cells. Red blood cells (RBC) are responsible for transporting oxygen and carbon dioxide between the lungs and other tissues and cells in the body, White blood cells (WBC) their primary task is to fight infections, Platelets, it works on blood clotting in case of injuries and wounds, Plasma, a bloody fluid that carries the rest of the components of the blood in addition to proteins and food salts to the cells and tissues of the body, there are 8 types of blood (A<sup>+</sup>, A<sup>-</sup>, B<sup>+</sup>, B<sup>-</sup>, AB<sup>+</sup>, AB<sup>-</sup>, O<sup>+</sup>, O<sup>-</sup>). The blood group takes two attributes from two different systems, one called ABO and the other Rh-. In the ABO system The exterior portion of RBC consists of antigens and plasma consists of antibodies Antigens play vital role in determining the blood group. Specifically, that antigen and antibodies combine with each other. Interaction between them is called the Antigen-Antibody (Ag-Ab) reaction. In the Rh- system or (the raysisi factor) which is either positive or negative, so when this factor is added to the ABO system the eight blood groups are identified [1].

The interaction between Ag-Ab occurs in three stages. The first stage is the formation of the Ag-Ab complex, the second stage leads to visible events such as accumulation, while the third stage involves the destruction or neutralization of Ag. The outstanding feature of the Ag-Ab reaction is the specificity of Ag-Ab reaction. It refers to the capability of an individual antibody combining to react with only one antigenic determinant. For example, the antibody produced against liver antigen will react with only liver antigen, like a specific lock can be opened by its own key. Similarly, one antibody can react with its own antigen only. An immune complex is formed from the integral binding of antibody to an antigen. The bound antigen acting as a specific Epitope, the part of antibody that recognizes the Epitope is called a Paratope, bound to an antibody is referred to as a singular immune complex.

The binding between antigens and antibody in Ag-Ab reaction is due to three factors, namely closeness between antigen and antibody, non-covalent bonds or Intermolecular forces, the affinity of antibody. Showing Fig. 1. Organization of the article is as follows, section 2, methodology, pair-wise comparison chart and block diagram for testing a design, section 3 project design that discusses engineering design for project. Section 4 contains the results and the conclusion.





**Figure 1:** Binding site of Epitope and Paratope [2].

## Methodology

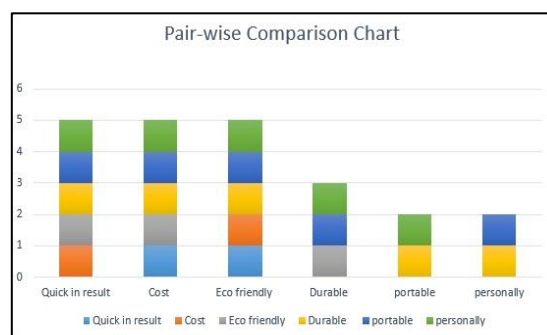
The design of the work is to determine the blood group of a person instantaneously using the kit which should be portable, relatively cost, Eco-friendly, benign and durable in addition to the feature of safety, Eco-friendly, quick result, flexible, economical, portable and durable by considering the size of a cantilever beam, type of needle, cost and layer more sensitivity as constraints. The Functions of the design include antigen antibody reaction. After the agent is added to the blood, coagulation happen due to chemical reactions. Deflection of the cantilever due to surface stress. There are four sensing cantilevers. Depending on the surface strains and deflection, blood groups A, B, AB, O can be determined.

Pairwise comparison method, showing in Table 1. in the concept of scientific and academic research and investigation, refers to a mechanism by which entities are coupled among themselves to take a position of preference for any of them, or which of them has greater value based on numerical data. It is used in the fields of preferential scientific studies, habits, voting systems and artificial intelligence systems [3].

**Table 1:** Pair-wise Comparison Chart

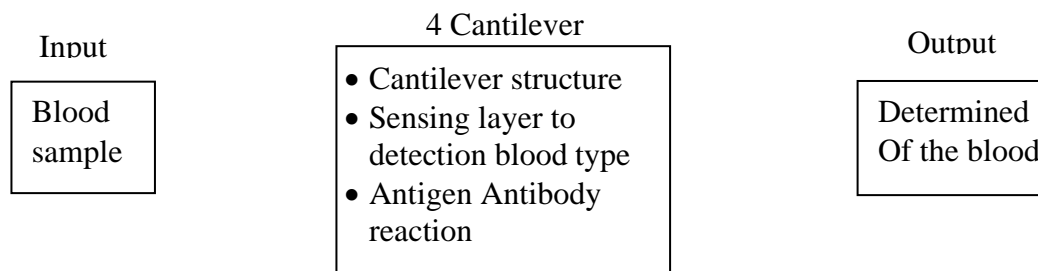
	Quick in result	Cost	Eco friendly	Durable	Portable	Personally	Total
Quick in result	---	1	1	1	1	1	5
Cost	1	---	1	1	1	1	5
Eco friendly	1	1	---	1	1	1	5
Durable	0	0	1	---	1	1	3
Portable	0	0	0	1	---	1	2
personally	0	0	0	1	1	---	2

The graphical representation shown in Fig. 2, helps us to get a clear idea of the design which is important and also to know the relationship between them.



**Figure 2:** Pair-wise Comparison

The block diagram showing in Fig.3 represents a method of testing a design for application and working functionality. The tester consists of three parts. Input for blood sample, inside system (cantilever and sensitive layer and antigen and antibody reaction) and output for determined blood group.



**Figure 3:** Transparent model

### Detailed design

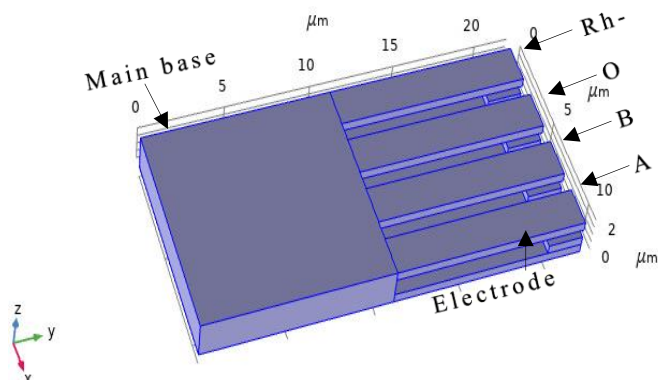
MEMS systems are designed mostly for detecting and sensing specified molecules at very low concentration. The principle of sensing depends on the following factors, the device, the nature of the particles and accuracy. Cantilever devices (micro sized) can be used as very sensitive and simple sensors in the ambient environment.[4]

By using FEM modeling we have designed and simulated the structure of blood group determining sensor. The structure of the blood group detection sensor and its dimensions are shown in Fig. 4. The surface tension occurs because of chemical and biological reactions of antigen and antibodies resulting in coagulation on the surface of the four cantilevers. The deflection occurs because of the surface tension on the cantilever, at the end, the results are based on the deflection of the cantilever [5].

The designing FEM steps of the blood group detection sensor are as follows:

- Used 3D module, Structural Mechanics and two type of study (stationary & parametric sweep).
- Geometry: unit in ( $\mu\text{m}$ ), the structure design of blood type consist of:
  1. Main base has the following dimensions: Length (11), Width (11) Thickness (2).
  2. Base Cantilevers ( 11,11,0.5)
  3. Four Cantilevers each of them (11,2,0.5).
  4. Four electrodes each of them (2,2,0.5).

The distance between each of cantilevers is equal to the distance between each of electrodes (1  $\mu\text{m}$ ) showing in Fig. 4. [6]



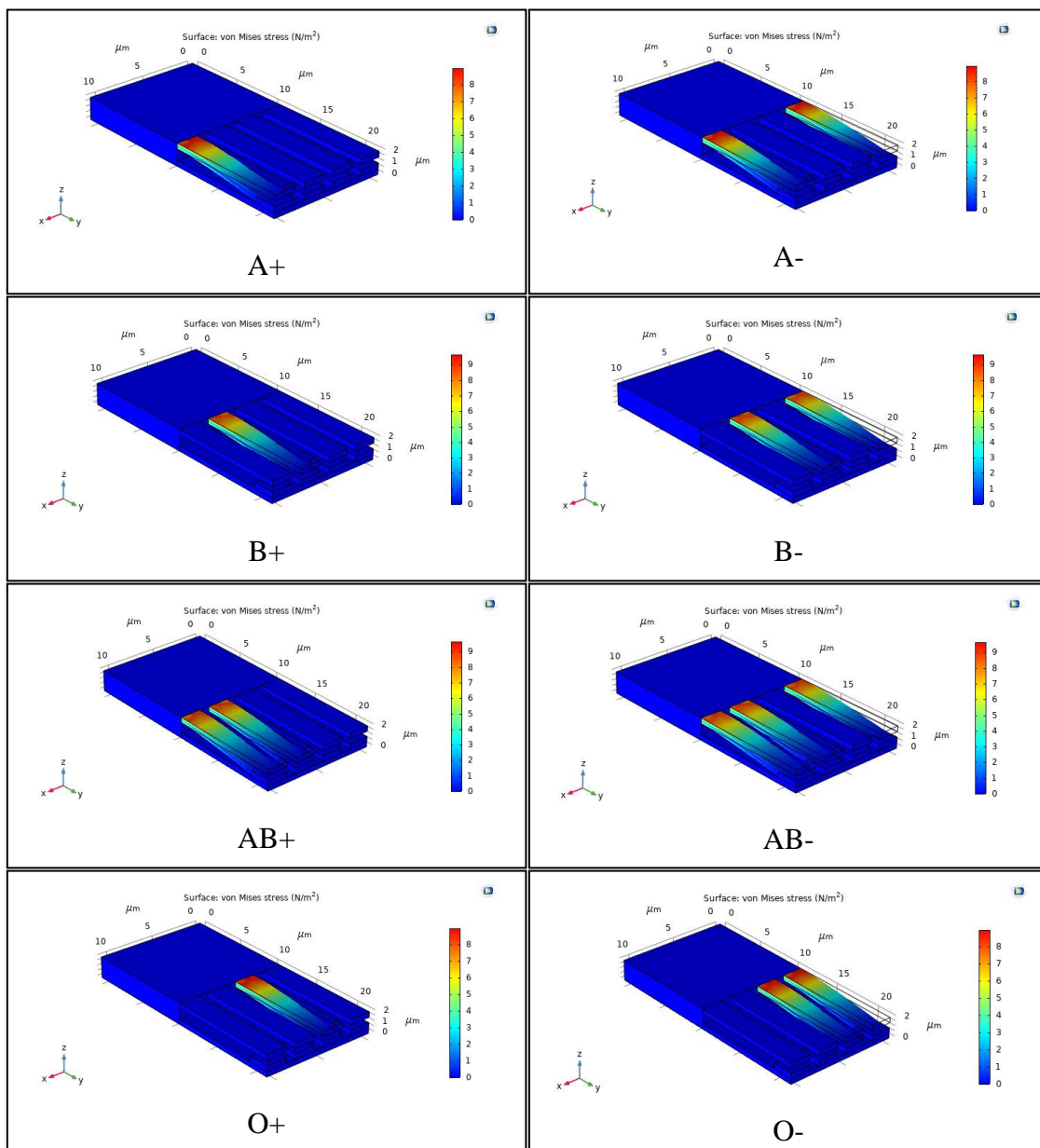
**Figure 4:** Structure of blood group detection sensor

- Definitions: fixed constraint of all parts of the structure design except cantilevers, and define each type of blood group by selecting the face layer of cantilevers as shown in Table 2.

**Table 2:** Definitions of blood types depending on the type of cantilever

Name	face layer of cantilevers
A+	A cantilever
A-	(A & Rh-) cantilevers
B+	B cantilever
B-	(B & Rh-) cantilevers
AB+	(A&B) cantilever
AB-	(A,B & Rh- )cantilevers
O+	O cantilever
O-	(O&Rh-) cantilevers

- Material: Used two type of materials for structure design (Si-Polycrystalline and Au)
- Meshing: physical control mesh.[7]



**Figure 5:** Type of blood group

## Results and Conclusion

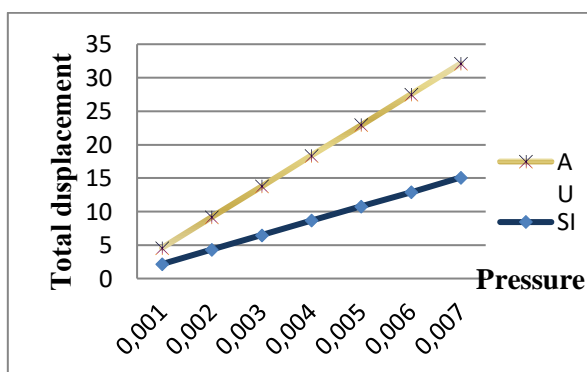
In FEM physical module to determine each types of blood group, we applied the different value of pressure (0.001- 0.007)N/m<sup>2</sup> at the line selected in the free end of each cantilever and calculated the total displacement of two types of material defined for cantilever. The total displacements of the free end of the cantilevers are shown in Table 3. [8].

Module in the structure design. We recognize all the types of blood group as shown in Fig. 5.

**Table 3:** showing the relation between pressure & Total displacement

pressure	Total displacement	
	(Si-Polycrystalline)	Gold
0.001	2.16	4.58
0.002	4.32	9.17
0.003	6.49	13.76
0.004	8.65	18.35
0.005	10.8	22.94
0.006	12.9	27.53
0.007	15.1	32.12

The relationship between pressure and total displacement is, linear, shown in Fig. 6.



**Figure 6:** Chart between Pressure and Total displacement for Si & Au

The cantilever act as a variable capacitor when the pressure changes, when applied FEM physical depend on moves cantilevers, shown as in Table 4.

**Table 4:** The digital outputs to indicate the type of blood group

Blood group	A Cantilever	B Cantilever	O Cantilever	Rh- Cantilever
A +	1	0	0	0
A -	1	0	0	1
B +	0	1	0	0
B -	0	1	0	1
AB +	1	1	0	0
AB -	1	1	0	1
O +	0	0	1	0
O -	0	0	1	1

In this article, from the Tables 3, we conclude that the accuracy of the Au material response is twice that of silicon (Si-Polycrystalline) material, but depending in cost and ecofriendly from the couple comparison chart shown Table 1, we prefer to use silicone material for design.

## References

- [1] Singh P., Rathod S., Kodumuru P., Desai JM1 and Nagose V., "A Complete Review Article on ABC of Blood Groups", Department of Physiology, Mamata medical college (AP) and Department of Pathology. Mamata medical college (AP). Article. Jun 2014 doi.org 10.15419/ajhs.v2i1.426.
- [2] Deng X., Storz U. and Doranz B., "Enhancing antibody patent protection using epitope mapping information" Integral Molecular, Philadelphia, PA, USA; Michalski Huttermann & Partner Patent Attorneys, Speditionstraße 21, Düsseldorf, Germany. Article. November 2017 doi.org/10.1080/19420862.2017.1402998.
- [3] Zainol R., Ahmad F., Nordin N. A., Aripin A. W. M., "Evaluation of users' satisfaction on pedestrian facilities using pair-wise comparison approach", Department of Urban and Regional Planning, Faculty of Built Environment, University of Malaya, Article. 2014 doi:10.1088/1755-1315/18/1/012175.
- [4] Jayu P., Kalambe, Rajendra M. Patrikar" Design of Microcantilever-Based Biosensor with Digital Feedback Control Circuit" Hindawi Publishing Corporation. Journal of Sensors. Volume 2012, Article ID586429,9pages doi:10.1155/2012/586429
- [5] Arntz Y., Seelig J. D., Lang H. P., Zhang J., Hunziker P., Ramseyer J. P., Meyer E., Hegner M. and Gerber Ch. "Label-free protein assay based on a Nano mechanical cantilever array" Institute of Physics Publishing. Published 20 December 2002.
- [6] Jayu.P.Kalambe and Rajender M Patrikar, "Design of micro cantilever based bio-sensor with digital feedback control circuit", Department of Electronics Engineering, Visveswaraya National Institute of Technology, Nagpur, Maharashtra, India. Article. June 2012. doi.org 10.1115/2012/586429.
- [7] Charanjiv G., Sanjay M. and Manpreet S. "FINITE Element Method as an Aid to Machine Design: A Computational Tool" Department of Electrical & Instrumentation Engineering, SLIET, Longowal (Deemed University), Punjab-148 106, Excerpt from the Proceedings of the COMSOL Conference 2009 Bangalore.
- [8] Rahim N. F., Ong N. R., Aziz M. H. A., Alcaín J. B., Haimi W. M. W. N., and Z. Sauli" Modelling of cantilever based on piezoelectric energy harvester" American Institute of Physics Citation: AIP Conference Proceedings 1885, 020301 (2017); doi: 10.1063/1.5002495

## Traction drive with PMS motor under torque and speed control (simulation model)

Ibrahim M. T. Hamidi<sup>1\*</sup>, Farah S. H. Al-aassi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>College of Computer Science and IT, Kirkuk University, Kirkuk, IRAQ

<sup>2</sup>College of Engineering, Kirkuk University, Kirkuk, IRAQ

\*Corresponding author e-mail: eng.ibrahem88@gmail.com

### Abstract

Electric traction drives become an important replacement of the traditional high-emission engines. In this research paper, a complete simulation model of an electric vehicle with PMS motor is presented. In the designed model, speed, torque and current control with field weakening techniques are used. The model simulated under torque control at zero and 1000 rpm speeds and under speed control over the New European Driving Cycle (NEDC). In high speed demand, the controller designed to work within the flux weakening region to achieve the desired output. The results demonstrate that the designed electric traction drive system tracks the reference values of demand torque and speed effectively with high accuracy.

**Keywords:** Electrical traction drives, Electric vehicle, PM motor

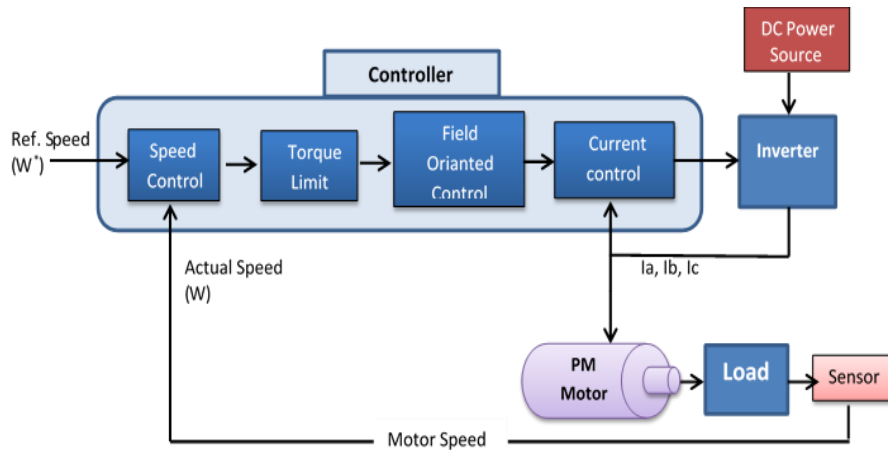
### INTRODUCTION

Permanent magnetic synchronous motor is one of the important types of motors which is used widely in various applications such as air plans auction and electric cars. The increasing demand for cars leads to more research in finding a replacement for the high-emission traditional vehicles. The electric care recently gains much attention as it has very low emissions level. Electrical motors such as PMS motors are used to drive the electric vehicle and works as a replacement of the gasoline or diesel engine [1]. PMS motors work at high efficiency and provide high power density and torque to inertia ration. The important characteristic in PM motors is the two sources of excitation, the permanent magnetic excitation filed and the field generated by the three phase voltage applied to the stator winding. The lack of rotor windings makes the PMS motor has a small size and works at high efficiency compare to other types of motors for the same supplied power. Nevertheless, the permanent magnetic excitation produces a constant filed and it is not easy to be controlled [2].

The recent developed methods for controlling PM motors have led to significant development in the PM motors application. One of the important controlling methods called field oriented control (FOC) or vector control method which will be used in this research. In FOC, the stator currents ( $i_{abc}$ ) are modelled into two orthogonal vector components (magnetic flax and torque of the motor). FOC mainly developed for high performance motor application that requires operation at speeds over the full speed. It becomes possible due to the significant improvement in the magnetic materials. FOC also lead to an improvement in torque and efficiency [1][3]. This research paper presents a complete design and simulation model of an electric traction drive system with PMS motor. The proposed drive system designed with current, torque and speed control and simulated under torque control with two different speeds. The designed model is also simulated under speed control in which all the vehicle characteristics such as transmission, car mass and drag, and rolling resistance are considered. In both torque and speed control, the anti-windup techniques and torque limit is used to prevent the machine from running over the allowed maximum value. The new European Driving Cycle (NEDC) data set is used to test the designed model in which different values of speed over a specific period of time is applied.

### PM MOTOR DRIVE SYSTEM

The PM motor drive system consists of the main parts which are the PM motor and the controllers such as current, torque and speed control. Various types of control theories can be used to control the operation on the PM motor. In this paper we combined several controlling techniques to achieve a complete model of an electric traction drive system with PM motor and as shown in the block diagram in figure (1).



**Figure 1.** Traction drive with a PM motor block diagram.

### Permanent magnetic motor

A permanent magnetic motor, like other rotating electrical motors, consists of a rotating part called rotor and fixed part called stator. A set of time dependent differential equations can be used to model the PM motor mathematically and this significantly reduces the motor modelling complexity. To achieve a simplified model of the time dependent equations system, a coordinate system transformation is used to transform the motor equations from 3 variable system (abc system) to two variables system (dq system) and as shown in equation (1). The dq quantities are rotating at the same synchronous speed of motor's stator [2].

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos(\theta) & \cos(\theta - \frac{2\pi}{3}) & \cos(\theta - \frac{4\pi}{3}) \\ -\sin(\theta) & -\sin(\theta - \frac{2\pi}{3}) & -\sin(\theta - \frac{4\pi}{3}) \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

Since the transformation in equation (1) is used, the PM motor model in a dq vector system can be expressed in equations (2) and (3) [2].

$$\begin{bmatrix} V_d \\ V_q \end{bmatrix} = R \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \end{bmatrix} + w \begin{bmatrix} -\Psi_d \\ \Psi_q \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} \Psi_d \\ \Psi_q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} L_d & 0 \\ 0 & L_q \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_d \\ i_q \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Psi_m \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

The electromagnetic torque can be expressed in the dq quantities as represented in equation (4) [2].

$$T_e = \frac{3p}{2} (\Psi_d i_q - \Psi_q i_d) \quad (4)$$

Where the stator voltage represented by  $V_{dq}$ , and stator current and flux represented by  $i_{dq}$  and  $\psi_{dq}$  respectively.  $\psi_m$  represents the magnetic flux linkage and  $p$  is the motor pair poles number. The armature resistance represented by  $R$  symbol and  $L_{dq}$  used to represent the dq-axis inductance (H) in which  $L_d = L_q = L$ . The  $w$  represents electrical angular speed and  $T_e$  is the electromagnetic torque (Nm).

The mechanical equation of the motor can be written as in equation (5).

$$W_m = \int \left( \frac{T_e - T_m - BW_m}{J} \right) dt \quad (5)$$

Where  $w_m$  and  $T_m$  are the motor mechanical speed measured in rad/s and applied load torque measured in Nm respectively.  $B$  is the coefficient of viscous friction and  $J$  is the moment of inertia [2].

Based on the equations (1) to (5), the MATLAB model of the PM motor in abc quantities can be presented in figure (2).





voltage and avoid further voltage integration. Additionally, the over modulation control is used to extend the working region of the flux-weakening [5]. In the Space vector pulse width modulation (SVPWM), the voltage is treated as vector with amplitude  $V_{cs}$  and angle  $\Theta_{cs}$  in which the value of the amplitude  $V_{cs}$  must not be larger than the allowed maximum value  $V_{max} = V_{dc}/\sqrt{3}$  [6][5]. Figure (4) shows the over-modulation technique used in our model.

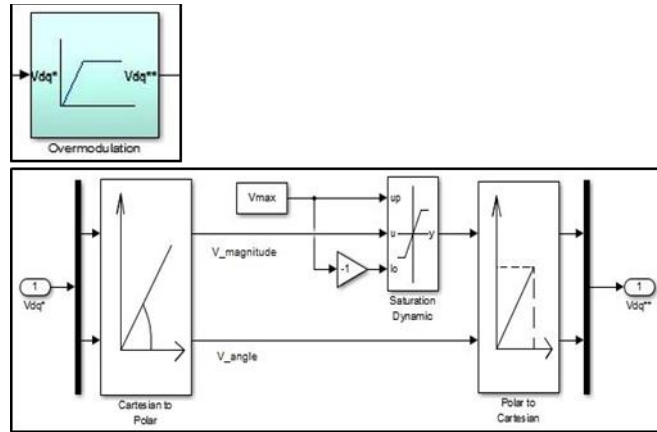


Figure 4. Designed over modulation system.

Integrating the  $i_{dq}$  current controller, over-modulation, and the PM motor all together to achieve the PM motor model under current control as presented in figure (5).

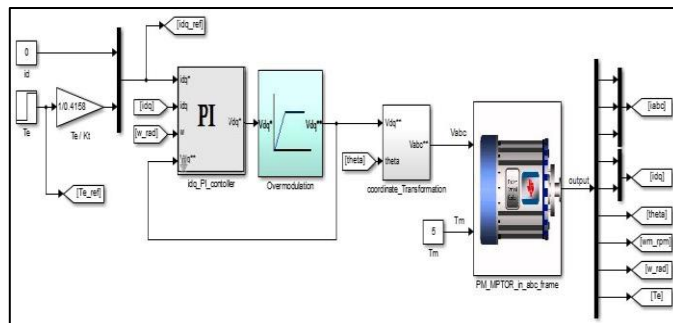


Figure 5. PM motor system under current control.

### Field weakening operation

In the real-life application such as electric cars, there are cases where the operation speed exceeds the base speed. Therefore, the inverter should produce a high voltage value to achieve high-speed demand and, as a result, the produced voltage may increase more than the DC source capacity. To eliminate this limitation, a special technique called field-weakening is used to produced  $i_d$  current with a negative sign to minimize the back emf effects when the motor runs at high speed. Equation (8) shows the d-axis current limits for speeds exceeds the base speeds which is described in equation (7) [7][8].

$$w_b = \frac{V_{max}}{\sqrt{(\psi_m)^2 + (w \psi_m)^2}} \quad (7)$$

$$(8) \begin{cases} i_q = \frac{T_{emd}}{K_t} \\ i_d = 0 \end{cases} \quad w \leq w_b$$

$$(8) \begin{cases} i_q = \frac{T_{emd}}{K_t} \\ i_d = \min \left( 0, \frac{-\psi_m + \sqrt{\left(\frac{V_{max}}{w}\right)^2 - (L_d i_q)^2}}{L_d} \right) \end{cases} \quad w > w_b$$

The  $\psi_m$  will be entirely eliminated when  $id = -\frac{\psi_m}{L_d}$  in which the speed at this point can be mathematically presented in equation (9).

$$w_e = \frac{V_{max}}{\sqrt{(L_d I_{max})^2 + (\psi_m)^2}} \quad (9)$$

The torque is limited by the maximum q-axis current and therefore the torque demand must be within the available limit to prevent torques demand more than the maximum allowable torque. Equation (10) presents torque demand limited for each speed range which will ensure that the dq current remains within the required values [2] [7][8].

$$T_d \leq T_{max} = \begin{cases} Kt I_{max} & \text{at } w \leq w_b \\ Kt \sqrt{I_{max}^2 - \left\{ \frac{(V_{max}/w)^2 - [(L_d I_{max})^2 + \psi_m^2]}{2L_d \psi_m} \right\}^2} & \text{at } w_b < w \leq w_e \\ Kt \frac{V_{max}}{w L_d} & \text{at } w > w_e \end{cases} \quad (10)$$

The torque limit MATLAB model is shown in figure (6) and the field-weakening algorithm is implemented in figure (7).

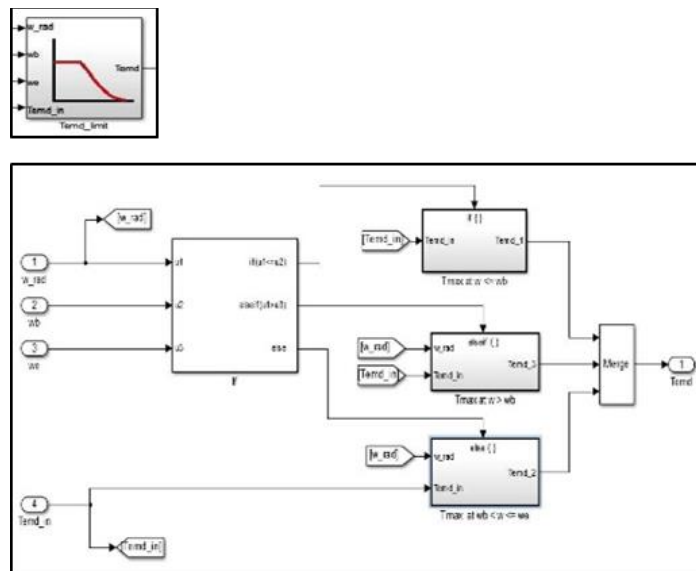


Figure 6.A. Torque limit model for three speeds ranges.

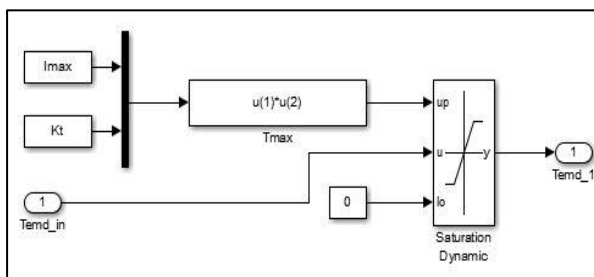


Figure 6.B. Torque limit for speed range  $w \leq w_b$

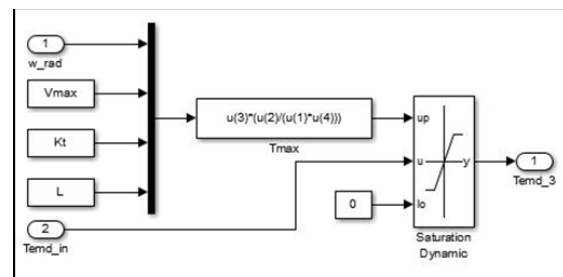
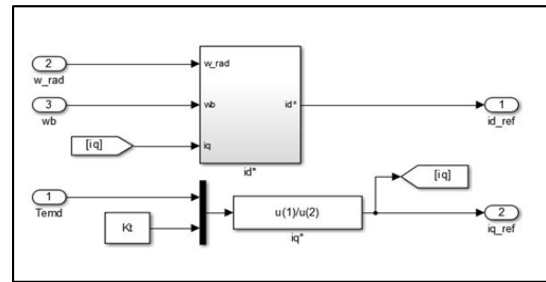
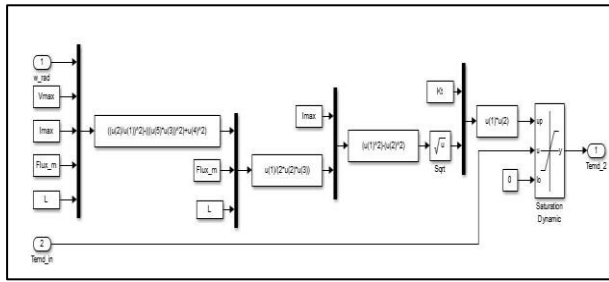


Figure 6.C. Torque limit when speed  $w > w_e$



**Figure 6.D.** Torque limit for speed range  $\omega_b < \omega \leq \omega_e$  **Figure 7.** Field-weakening control algorithm.

### Torque control and transmission model in traction drive

In traction drives such as electric cars, the PM motor should be coupled to a mechanical transmission. Therefore, a power loss will be occurred in the mechanical coupling and should be considered in the modelling as it impacts the traction drive efficiency. These losses are fixed power losses and speed dependent power losses. In the speed dependent power losses component, the aerodynamic losses are the most effective especially at high speed values. During the movement, a force with the opposite direction is produced due to the air and friction with the vehicle body. The vehicle shape also has a significant influence on aerodynamic losses. Equations (11) and (12) model the aerodynamics and rolling friction forces respectively [1].

$$F_{aero} = \frac{1}{2} \rho_a A_f C_d v^2 \quad (11)$$

$$F_{roll} = \lambda_f m g \cos(\alpha) \quad (12)$$

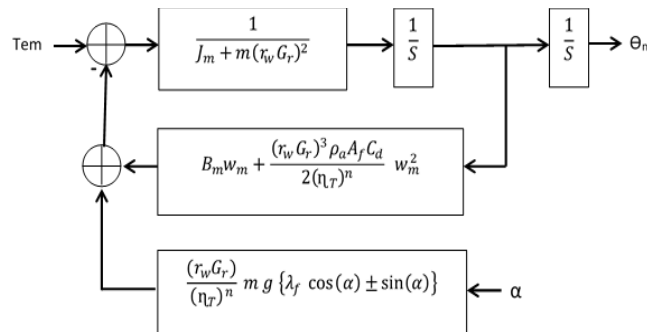
Where  $\rho_a$  a constant equal  $1225 \text{ kg/m}^3$  represents the air density.  $A_f$  represent the area of the frontal section of the car measured in  $\text{m}^2$ .  $v$  is the vehicle velocity.  $C_d$  and  $\lambda_f$  are the coefficients of drag and friction of tyres.  $\alpha$  is the angle of the path that the electric traction drive will be moving on it.

In a real-life environment, the car may be move up-hill or down-hill, and as a result, this impacts the car fraction and braking force. Therefore, it is important to take into the consideration the body of the vehicle and its kinematics power. The complete traction model includes the motor is described in equations (13), (14) and (15) and the block diagram shown in figure (8) [1].

$$m \frac{dv}{dt} = F_{tb} - \lambda_f m g \cos(\alpha) \pm m g \sin(\alpha) - \frac{1}{2} \rho_a A_f C_d v^2 \quad (13)$$

$$T_{tm} \frac{r_w G_r}{(\eta_T)^n} F_{tb} \quad (14)$$

$$J_m \frac{d\omega_m}{dt} + B_m \omega_m = T_{em} - T_{tm} \quad (15)$$



**Figure 8.** Block diagram of the PM traction model.

### Traction drive speed control

When the motor used to run a vehicle, the speed control is crucial as it enables the user to simply adjust the speed of the motor according to the requirement. The speed controller will measure the speed difference between the actual and reference speed. The measured speed difference represents the error signal. The generated error signal then will be formed into a torque demand format and applied to the demand speed. There

are two important factors must be considered when implementing the PI controller of the speed. First, the integral and proportional gains must be identified clearly. Second, there must be a speed limit to avoid running on speed exceeds the maximum allowed speed. Additionally, a torque demand higher than the maximum allowed torque will also cause a problem. Therefore, the torque demand also has to be limited to the maximum allowed torque [9][1]. In the design of the speed controller, there are two loops. The inner loop which is the current control; this has been designed in the current control section. The outer loop is the speed loop. Assuming ideal current loop, the speed PI control loop can be described in the equations (16), (17) and (18) and the block diagram shown in figure (9) [1][3].

$$G = \frac{(K_{is} + K_{ps}s)K_T/J}{s^2 + (\frac{K_{ps}K_T}{J})s + \frac{K_{is}K_T}{J}} \quad (16)$$

$$K_{is} = \frac{w^2 J}{K_T} \quad (17)$$

$$K_{ps} = \frac{2 C J w}{K_T} \quad (18)$$

Where J represents the moment of inertia of motor and car together, and C is the damping factor and it is equal to 1.

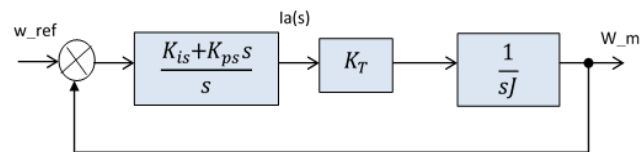


Figure 9. Block diagram of the speed control

Figure (10) shows the implementation of the speed controller includes anti-windup system in a MATLAB environment and figure (11) presents the complete vehicle body and kinematics simulation model.

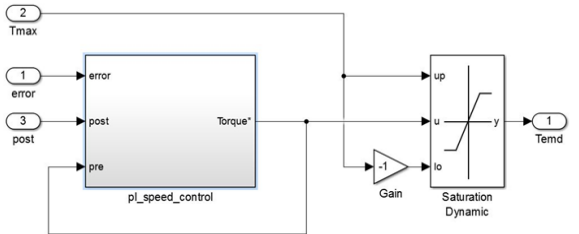


Figure 10.A. Speed controller includes anti-windup

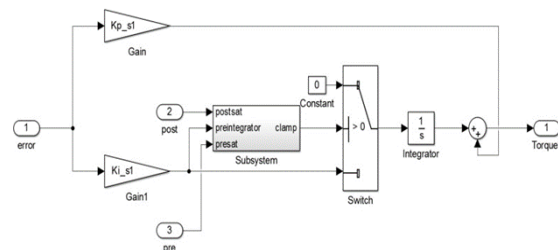


Figure 10.B. Speed anti-windup

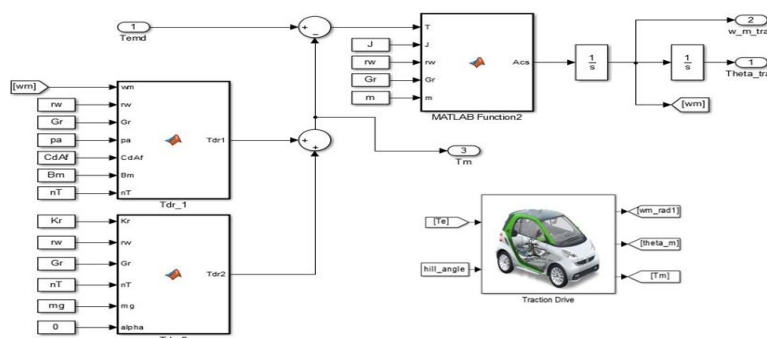


Figure 11. Vehicle body and kinematics simulation model.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

The simulation model has been created in MATLAB environment and simulated and tested under different situations of speed and torque demands to validate the simulation model. The parameters shown in table (1) represents the characteristics of the used PM motor in this simulation in model. The used PM motor has 7 pole pairs and run at 5500 rpm maximum speed and based speed at 1350 rpm. MATLAB 2017b is used in the design and simulation of the proposed traction drive system. The model simulated in two operation modes. First, under torque control in which the speed is dumped and maintained at fixed values which are zero and 1000 rpm. Second, under speed control where a reference speed is provided, and the motor operates over the reference data.

**Table 1.** PM motor parameters

Machine topology	Surface mounted permanent magnet
Number of pole-pairs	7
Connection	Star
Continuous/peak power (kW)	5.0/10.0
Phase resistance at 120 °C (mΩ)	22.2
Synchronous inductance (mH)	0.344
Flux linkage per phase (mWb)	39.6
Torque constant (Nm/A peak)	0.415
Back-emf constant (V peak s/rad)	0.277
Base speed (rpm)	1350
Maximum speed (rpm)	5500
Continuous current (A peak/rms)	85/60.5
Maximum current (A peak/rms, > 2 minutes)	170/121
Moment of inertia (kg m <sup>2</sup> )	0.008

Simulation results of traction drive under torque control.

The electromagnetic torque achieves its maximum value when the current and rotor flux phasors are orthogonal to each other ( $\delta=90^\circ$ ). Therefore, to reach the maximum torque per ampere (MTPA) the angle  $\delta$  should be maintained at  $90^\circ$  and the demand on the  $i_d$  current should be zero. To test the model only under torque control with no speed control, the damping (moment of inertial) in equation (5) should be increased to prevent the speed from increasing very fast. The high value of inertial will maintain speed's value nearly equal to zero. The result presented in figure (12) and (13) are obtained by running the motor under torque control for zero and 1000 rpm speeds respectively.

At zero rpm motor speed, the  $i_d$  current is also equal to zero. A step function is used to increase the applied demand torque from 20 Nm to 50 Nm within 5 seconds. The actual value and reference value plotter together for the speed, torque, abc and dq current components. The result demonstrates that current components and torque component are accurately tracked the applied reference values of each component. This means the design traction system able to respond, achieve and track the applied demand torque effectively. The  $i_{abc}$  current appears to be a dc component, this is because the speed is zero and there is no rotation occurred in the motor due to the very high damping. Figure (13), shows the same result of the figure (12) but the speed has been increased from zero to 1000 rpm. As there is a rotation occurred in the motor, the  $i_{abc}$  current will be an AC component.

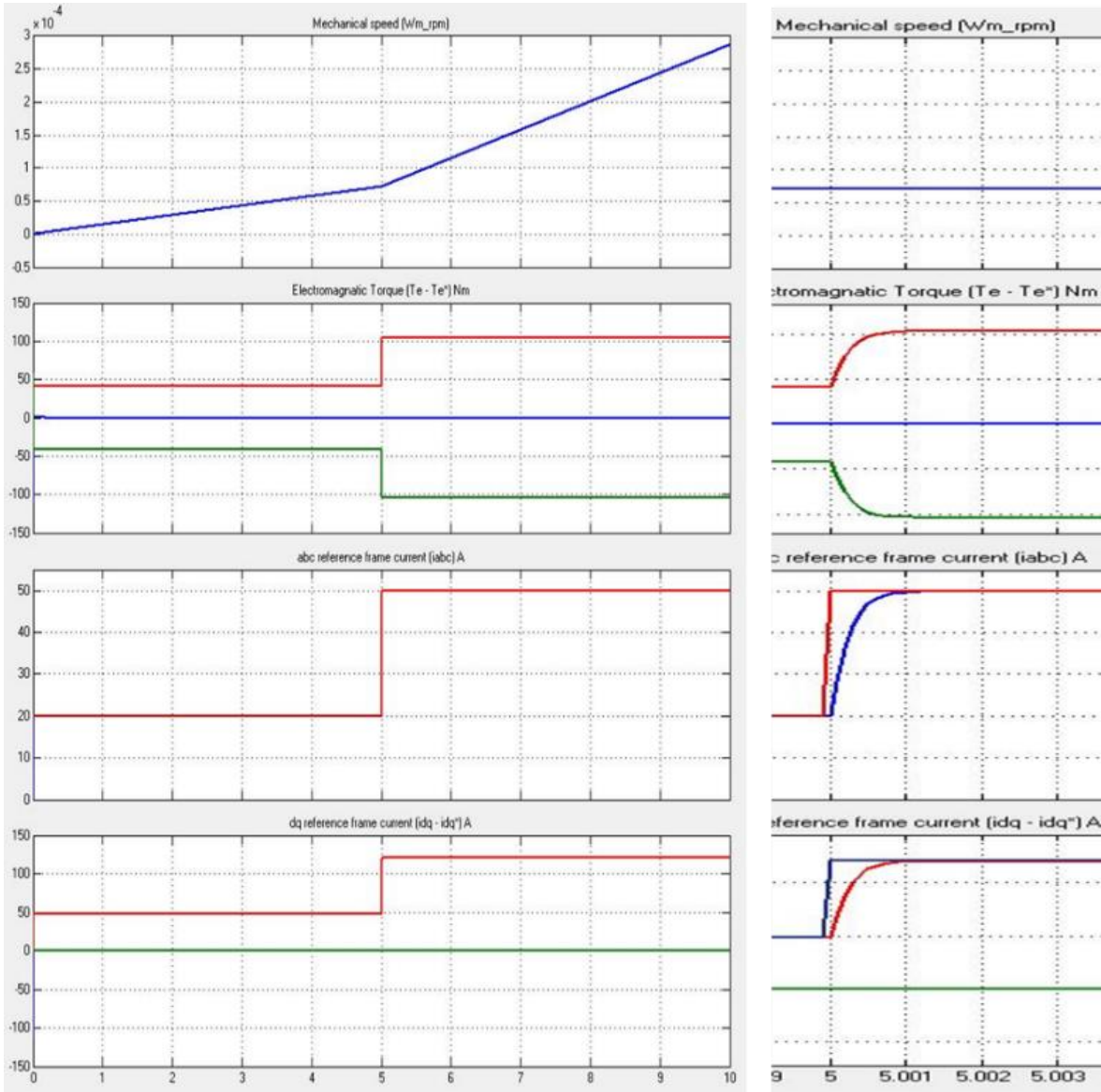
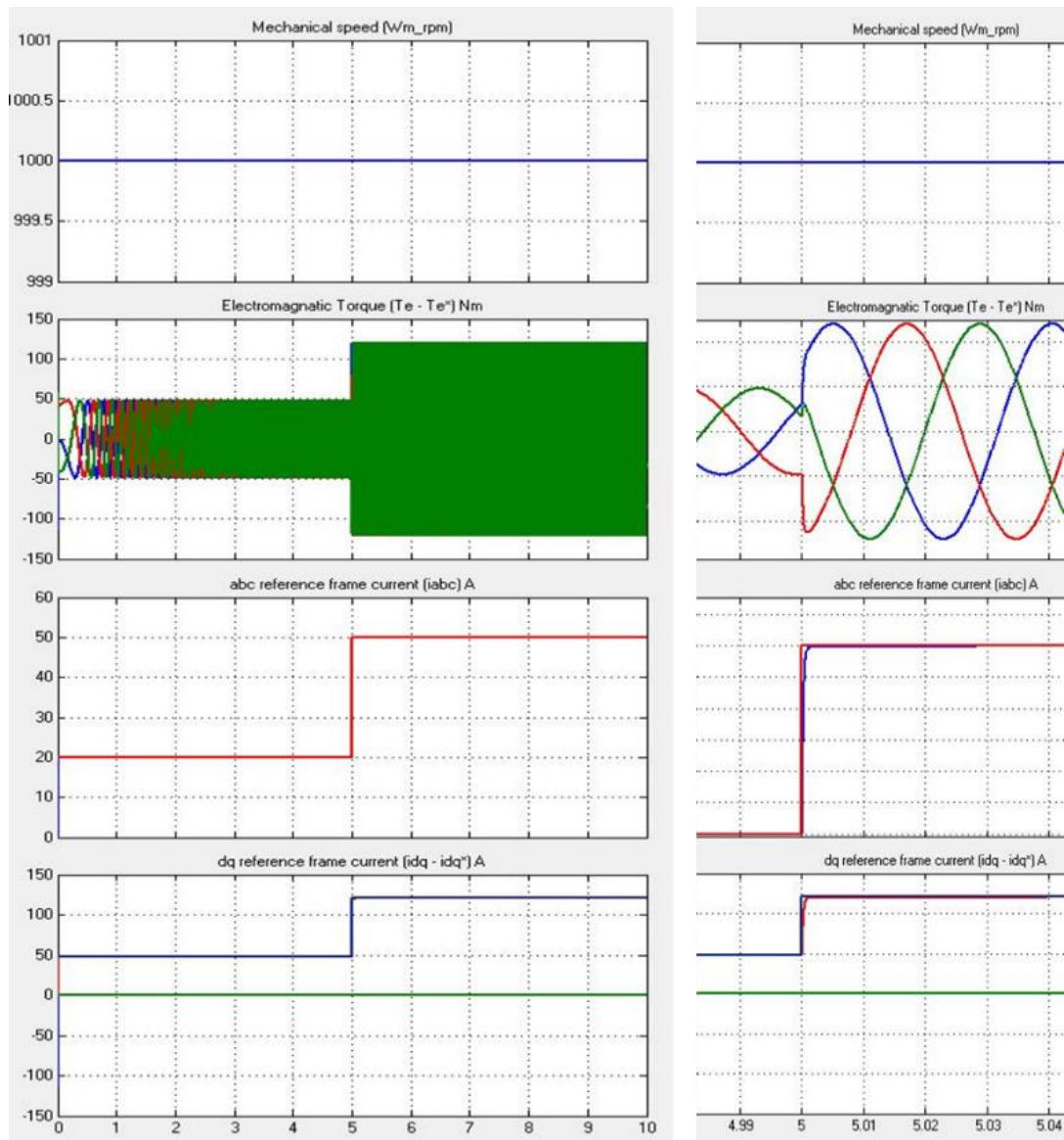


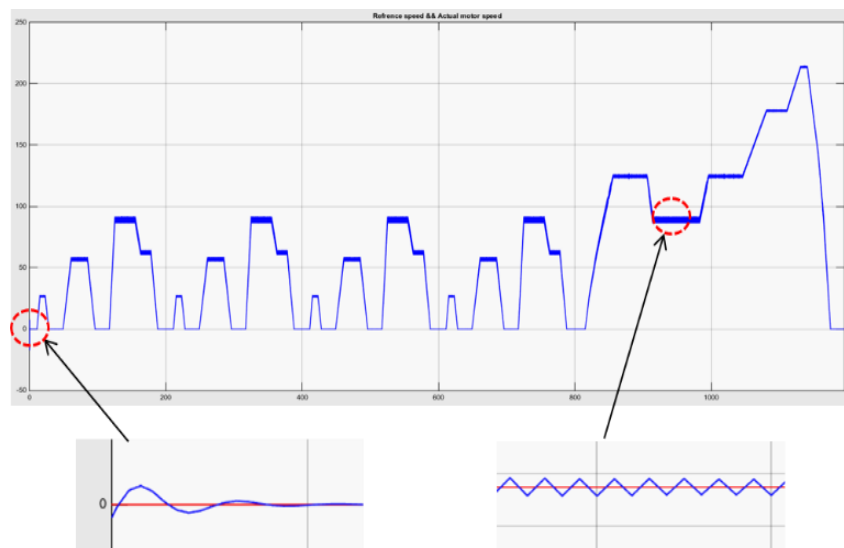
Figure 12. Results of PM motor under torque control at 0 rpm speed value.



**Figure 13.** Results of PM motor under torque control at 1000 rpm speed value.

Simulation result of electric traction drive under speed control.

The result presented in figure (13) demonstrate the performance of the designed electric traction drive with PM motor on tracking the applied reference NEDC reference speed. The New European Driving Cycle (NEDC) reference data is used in the simulation. The complete traction drive system (electric car) with speed controller is simulated over the NEDC. The plotted results shown that the speed controller tracks the reference speed accurately (reference value in red color and actual value in blue color). There some fluctuation occurred at the starting regions of speed change and this due to the car inertial and the order of the speed control which is a second order response in this model. Additionally, the step size of the simulator also influences the simulation result. The result in figure (14) was obtained under  $10^{-4}$  sampling time. If the step size decreased, a batter result is obtained but the simulation time will be significantly increased.



**Figure 14.** Simulation result of traction drive under speed control over NEDC data.

## CONCLUSION

This research paper presented a simulation model of an electric traction drive system (electric vehicle) with permanent magnetic synchronous motor. The proposed model implemented with speed, torque, and current controllers and field weakening algorithm. The simulation performed in two modes. First, the steady state mode where torque is controlled, and the motor speed is set to a fixed value (zero and 1000 rpm). Second, the speed control mode in which the simulation is run over the NEDC reference data set where the speed reference value changed frequently into different values. The result demonstrates the ability of the designed traction drive to respond to the demand torque effectively and track the applied reference speed successfully. The percentage of error and response time are within the acceptable range. Future studies are needed to simulate the traction drive system in more complicated data sets to improve its performance for a challenging environment.

## REFERENCES

- [1] L. U. Gokdere, K. Benlyazid, E. Santi, C. W. Brice, and R. A. Dougal, "Hybrid electric vehicle with permanent magnet traction motor: a simulation model," in *IEEE International Electric Machines and Drives Conference. IEMDC'99. Proceedings (Cat. No.99EX272)*, 1999, no. 1, pp. 502–504.
- [2] C. Capitan, "Torque Control in Field Weakening Mode," Institute of Energy Technology- Aalborg University, 2009.
- [3] Z. Q. Zhu and C. C. Chan, "Electrical machine topologies and technologies for electric, hybrid, and fuel cell vehicles.," in *IEEE VPPC Conf.*, 2008, pp. 1–6.
- [4] T. Rudnicki, R. Czerwiński, and A. Fręchowicz, "Permanent magnet synchronous motor control driver," in *The 18th International Conference - Mixed Design of Integrated Circuits and Systems, MIXDES 2011*, 2011, pp. 545–548.
- [5] T. T. Liu, G. J. Chen, Z. H. Li, and Q. H. Meng, "Over-modulation algorithm of PMSM control system under fluxweakening operation," *J. Mech. Eng. Res. Dev.*, vol. 38, no. 1, pp. 155–162, 2015.
- [6] R. Suja, P. M. Mary, and P. S. Karuvelem, "Sensorless Field Oriented Control of Permanent Magnet Synchronous Motor," *Asian J. Res. Soc. Sci. Humanit.*, vol. 6, no. 11, p. 261, 2016, doi: 10.5958/2249-7315.2016.01190.4.
- [7] T. Hu, F. Lin, L. Cui, Q. Yuan, and Z. Yang, "The Flux-Weakening Control of Interior Permanent Magnet Synchronous Traction Motors for High-Speed Train," 2012, pp. 451–461.
- [8] R.Z. Gao, L. Zhai, and L.W. Su, "The Research on Full-speed Field Weakening Control Method of Electric Vehicle Interior Permanent Magnet Synchronous Motor," *ITM Web Conf.*, vol. 11, p. 09001, May 2017, doi: 10.1051/itmconf/20171109001.
- [9] P. Lazari, J. Wang, and L. Chen, "A design technique for electric vehicle traction machines," in *20th International Conference on Electrical Machines (ICEM2012)*, 2012.



## Sitrik asit ile çapraz bağlanmış yeni nanofibril selüloz esash hidrojel

Çağla Bektaş, Ramiz Gültekin Akay\*, Güralp Özkoç  
Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

\*Sorumlu yazar e-mail: gultekin.akay@kocaeli.edu.tr

### Özet

Bu çalışmada, mikrodalga (microwave, MW) destekli hızlı sentez yoluyla nanofibril selülozdan (nanofibrillated cellulose, NFC) türetilen yeni çevre dostu hidrojel üretilmiş ve karakterize edilmiştir. Hidrojeller tarımda, ilaç dağıtım sistemlerinde, yara iyileştirme uygulamalarında ve tek kullanımlık hijyenik pedler, çocuk bezleri, yetişkin hasta bezleri ve alt değiştirme pedleri gibi hijyen ürünlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. NFC, yüksek hidrofiliklik, jel benzeri yapı ve nano ölçekli boyut gibi benzersiz fiziksel ve kimyasal özellikler gösteren doğal, yenilenebilir, biyolojik olarak parçalanabilen ve biyolojik olarak uyumlu bir polimerdir. Sitrik asit (citric acid, CA), gıda ve ilaç dağıtım endüstrilerinde mükemmel bir çapraz bağlama maddesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Zayıf bir asittir, doğada yaygın olarak bulunur ve diğer çapraz bağlama reaktiflerine göre toksik olmayan ve uygun maliyetli bir çözüm sunar. Mikrodalga destekli sentez yöntemi hızlı enerji aktarımı, yüksek verimlilik ve daha düşük çevresel etki gibi avantajlara sahiptir. Bu çalışmada, NFC jeline farklı konsantrasyonlarda CA ilave edilmiştir. Fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve şişme ölçümleri yapılmıştır. Hijyen uygulamaları için, saf su ile yapılan test dışında idrar çözeltisini simüle etmek için %0,9'luk NaCl çözeltisi ile de şişme testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hijyen uygulamalarında, hidrojin etkinliğini anlamak için basınca karşı emme testi (absorption against pressure, APP) de yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** nanofibril selüloz; sitrik asit; çapraz bağlanma; hidrojel; FTIR; şişme oranı

### Novel nanofibrillated cellulose-based hydrogels crosslinked with citric acid

#### Abstract

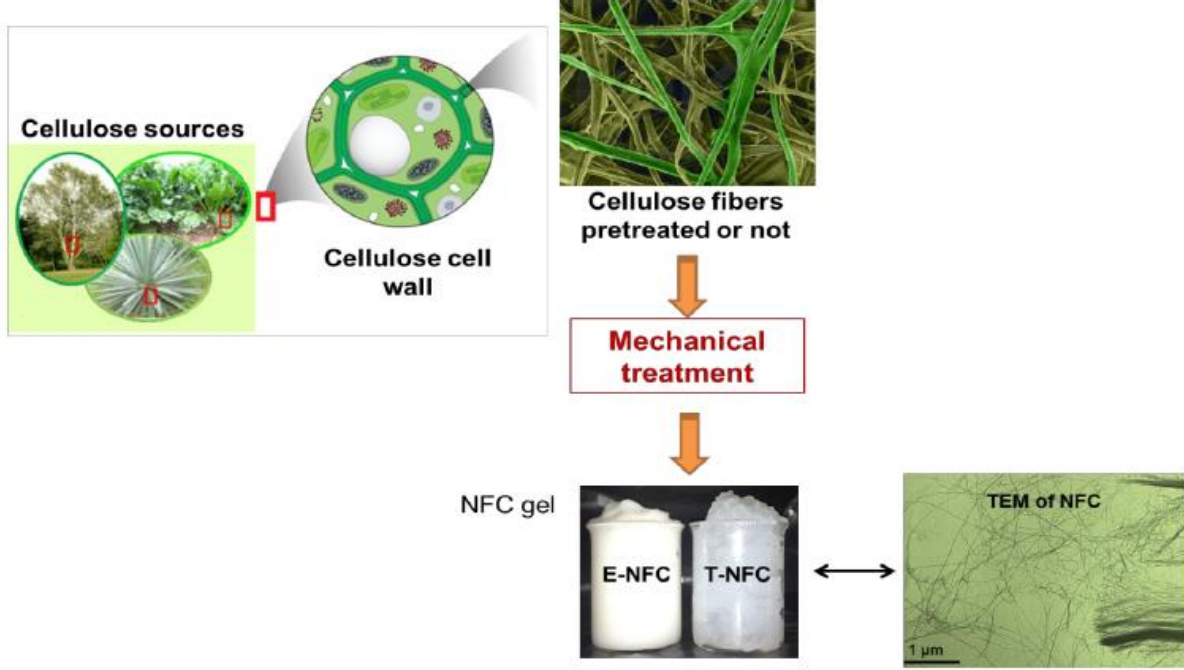
The present study describes the preparation of new environmentally friendly hydrogels derived from nanofibrillated cellulose (NFC) via microwave (MW)-assisted rapid synthesis. Hydrogels has been widely used in agriculture, drug delivery systems, wound healing applications and hygiene products such as disposable sanitary peds, diapers, adult incontinence peds and underpads. NFC is a natural, renewable, biodegradable and biocompatible polymer which shows unique physical and chemical properties such as high hydrophilicity, gel-like structure and nano-scaled size. Citric acid (CA) has been widely used in food and drug delivery industries as an excellent crosslinking agent. It is a weak acid, extensively widespread in nature and provides non-toxic and cost effective solution with respect to other crosslinking reagents. Microwave irradiation has fast heat, high efficiency and clean solution benefits. Within this study, CA was added to NFC gel in different concentration. Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and swelling measurements were performed. For hygiene application, swelling test was carried out with 0,9% NaCl solution in order to simulate urine solution besides pure water. Moreover, absorption against pressure (AAP) test also conducted to understand the efficiency of the hydrogel for hygiene applications.

**Keywords:** nanofibrillated cellulose; citric acid; crosslinking; hydrogels; FTIR; swelling ratio

#### GİRİŞ

Hidrojel günümüzde biyomedikal endüstrisinde, kişisel bakım ürünlerinde, atık su arıtmada, kontrollü ilaç salınım sistemlerinde, tarım uygulamalarında yaygın olarak kullanılan akıllı polimerlerdir. Bu uygulamalarda kullanılan hidrojelilerin büyük bir kısmı, sodyum poliakrilat bazlı olmaları sebebiyle, potansiyel çevre etkilerinden dolayı dezavantaja sahiptir. Günümüzde birçok endüstriyel uygulama için çevre dostu ürünlere talep artmış durumdadır. Bu noktada selüloz, doğada bol bulunan bir malzeme olması ve kendi kendine parçalanabilme yeteneği sebebiyle, son yıllarda dikkatleri üzerine çekmiş ve selüloz esash hidrojel ile ilgili çalışmalara oldukça yer verilmiştir (Missoum ve ark., 2012).

Nanofibril selüloz (NFC) 10 nm'den az çapa ve birkaç mikrometre tipik uzunluğa sahiptir. Selüloz elyafından mekanik parçalanma ile elde edilir. Bu işlem sırasında hücre duvarından selüloz liflerinin ekstraksiyonu yapılır, böylece bir NFC jel süspansiyonu elde edilir. NFC'ler çok düşük konsantrasyonda (ağırlıkça %2) sulu bir jel oluşturma eğilimindedir. NFC elde etmek için gerçekleştirilen klasik işlem tanımı Şekil 1'de şematize edilmiştir.



Şekil 1: Nanofibril selüloz eldesi akış şeması (Missoum ve ark., 2013)

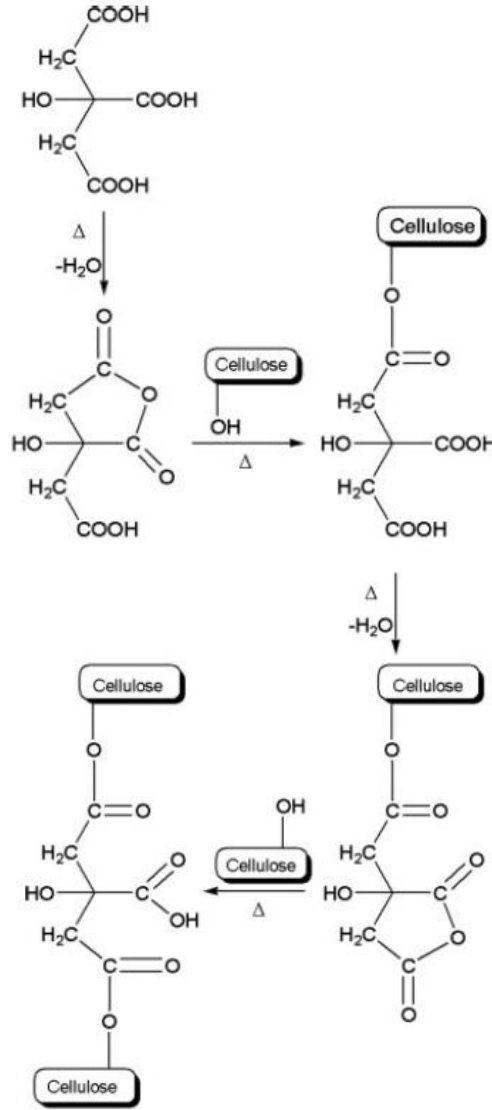
Sitrik asit (CA) gıda ve ilaç endüstrisinde yaygın olarak kullanılan mükemmel bir çapraz bağlama ajanıdır. CA doğada yaygın bulunur. Limon suyu yaklaşık %5 CA içerir. Ticari olarak glikozun mantar fermantasyonu ile hazırlanır. Son zamanlarda, CA çeşitli selüloz türevi sistemlerde çapraz bağlama maddesi olarak kullanılmış ve literatürde selüloz polimerlerin CA ile çapraz bağlanma reaksiyonunu açıklamak için farklı mekanizmalar önerilmiştir. (Glusker, 1980, Wang ve Chen, 2005, Coma ve diğerleri, 2003, Xie ve diğerleri, 2006, Yang ve Wang, 1998).

Xie ve diğerlerinin (2006) yaptığı çalışmada, nişastanın CA ile çapraz bağlanma reaksiyonu incelenmiştir. CA'nın ısıtıldığında nişasta ile reaksiyona girerek halkalı anhidrit oluşturmak üzere dehidre olduğu ve birbiri ardına başka bir halkalı anhidritin, reaksiyona girmemiş diğer iki karboksilik grup yardımıyla CA yapısında elde edilebildiği ve daha sonra başka bir hidroksilik nişasta grubunun selülozun bağlanmasına izin verdiği raporlanmıştır. Bu işlem esterifikasyon çapraz bağlanması olarak adlandırılmaktadır. Reaksiyon Şekil 2'de gösterilmektedir.

Selüloza dayalı hidrojellerin etkili şişmesinin, farklı yollar izlenerek elde edilebilen kimyasal olarak çapraz bağlanmış bir ağ gerektirdiği de iyi bilinmektedir. Hidrofilik polimerler, makromoleküler zincirler arasında kimyasal veya fiziksel çapraz bağların mevcut olması koşuluyla, suyu çözünmeden şişebilir ve emebilir.

Çapraz bağlardan kaynaklanan polimer ağı, termodinamik şişme kuvveti, çapraz bağların uyguladığı elastik, geri çekme kuvveti ile tamamen dengelenene kadar sulu çözücü içinde şişer.

Dengede sonuçlanan bu "katı benzeri çözelti" polimer ve su, hidrojel olarak bilinir. Hidrojel ağının ağı tarafından tutulan su miktarı, polimer ağının yapısına ve polimer ile temas halindeki su çözeltisinin sıcaklığı, pH'ı ve iyonik gücü gibi çevre koşullarına bağlıdır. (Ambrosio ve ark., 2011)



**Şekil 2:** Sitrik asidin selüloz ile çapraz bağlanma reaksiyonu (Ambrosio ve ark., 2011, Dimitri ve ark., 2008)

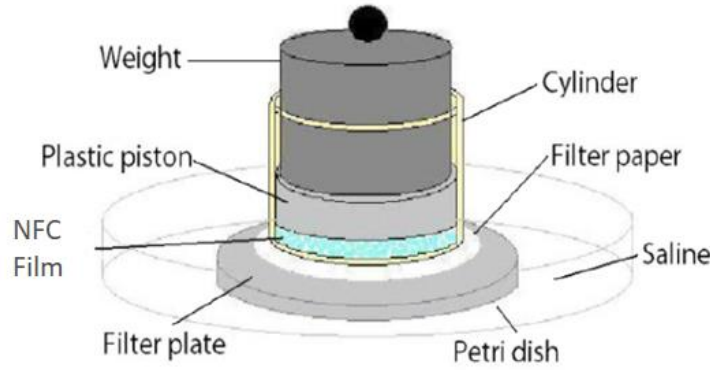
Bu çalışmada NFC'nin CA ile katı hal kondenzasyon polimerizasyonu tekniğiyle çapraz bağlanma işlemi gerçekleştirilmiş, elde edilen filmlere fourier dönüştümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) ve şişme ölçümleri yapılmıştır. Hijyen uygulamaları için, saf su ile yapılan test dışında idrar çözeltisini simüle etmek için %0,9'luk NaCl çözeltisi ile de şişme testleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, hijyen uygulamalarında, hidrojelin etkinliğini anlamak için %0,9'luk NaCl çözeltisi ile basınca karşı emme testi (absorption against pressure, APP) de yapılmıştır.

Hidrojelın şişme oranı aşağıda (1) denkleminde gösterilen formüle göre hesaplanmıştır (Sonker ve ark., 2018):

$$\text{Şişme oranı (\%)} = \frac{W_{\text{ıslak}} - W_{\text{kuru}}}{W_{\text{kuru}}} \quad (1)$$

Formülde  $W_{\text{ıslak}}$ , ıslak film ağırlığını;  $W_{\text{kuru}}$ , kuru film ağırlığını temsil etmektedir (Sonker ve ark., 2018).

Hidrojelın basınca karşı % şişme oranı (absorption against pressure, AAP) testi için Şekil 3'te gösterilen düzenek kullanılmıştır [5].



**Şekil 3:** Basınca karşı şişme testi düzeneği (AAP) (Nonwovens Standard Procedures, 2015)

Bu test metodu Edana tarafından geliştirilmiş olup, süper absorban polimerlerin hijyen sektöründe kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında süper absorban polimer malzeme yerine geliştirilen CA ile çapraz bağlanmış NFC filmler kullanılmıştır. 0,9 gr tartımı alınan filmler küçük parçalar halinde kesilerek silindirin alt kısmına yerleştirilmiştir. Üzerine sabitlemek için plastik piston yerleştirilmiş ve onun da üstüne 0,7 psi ağırlık yerleştirilmiştir. Pleksiglas silindir, piston ve ağırlıktan oluşan sistem tartılarak W1 olarak kaydedilmiştir. Bu sistem daha sonra seramik filtre üzerinde yer alan filtre kağıdı üzerine yerleştirilerek 60 dk süreyle %0,9'luk NaCl çözeltisine maruz bırakılmıştır. Bu sürenin sonunda pleksiglas silindir, piston ve NFC filmlerden oluşan sistem tekrar tartılarak W2 olarak kaydedilmiştir. AAP, aşağıda (2) numaralı denklemde yer alan formüle göre hesaplanmıştır (Nonwovens Standard Procedures, 2015):

$$AAP = (W2 - W1) / W \text{ (g/g)} \quad (2)$$

## MATERYAL VE METOD

### NFC film hazırlama

%1'lik sulu çözelti halinde alınan NFC'nin homojen hale gelmesi için çözelti önce 15 dk boyunca mekanik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Homojen hale gelen NFC çözeltisinden 100 gr petri kabına dökülerek 38 saat 40°C de, ardından 21 saat 60°C de bekletilmiştir. Çözeltideki suyun tamamı buharlaşarak 1 gr'lık NFC film elde edilmiştir.

### CA ilaveli NFC film hazırlama

%1'lik sulu çözelti halinde alınan NFC çözeltisi, 15 dk boyunca mekanik karıştırıcıda karıştırılıp homojen hale getirildikten sonra, farklı çapraz bağlanma derecelerine sahip polimer filmleri elde etmek üzere ağırlıkça %2, %5, %10 ve %20 oranlarında susuz (anhidroz) sitrik asit içeren karışımları hazırlanmıştır. Her bir karışım petri kabına dökülerek 38 saat 40°C de, ardından 21 saat 60°C de bekletilmiştir. Her bir karışımdan 1 gr film elde edilmiştir.

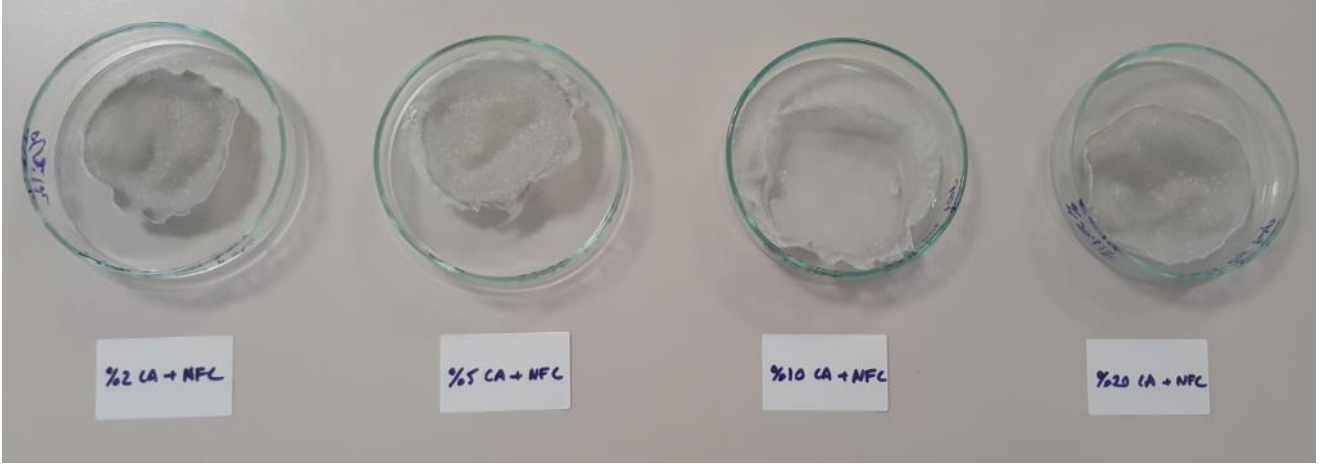
### NFC filmin CA ile çapraz bağlanması

Mikrodalga destekli hızlı sentez yoluyla, NFC filmlerin çapraz bağlanma reaksiyonu tamamlanmıştır. Bir numune için mikrodalgada çapraz bağlanma işlemi 2 dk aralıklarla 3 defa 15 sn süreyle uygulanmıştır. Arçelik MD 674 model cihaz kullanılmış, 460 W güç uygulanmıştır.

NFC çözeltisi ve ağırlıkça %2-5-10-20 CA içeren NFC filmler Şekil 4 ve 5'te gösterilmiştir.



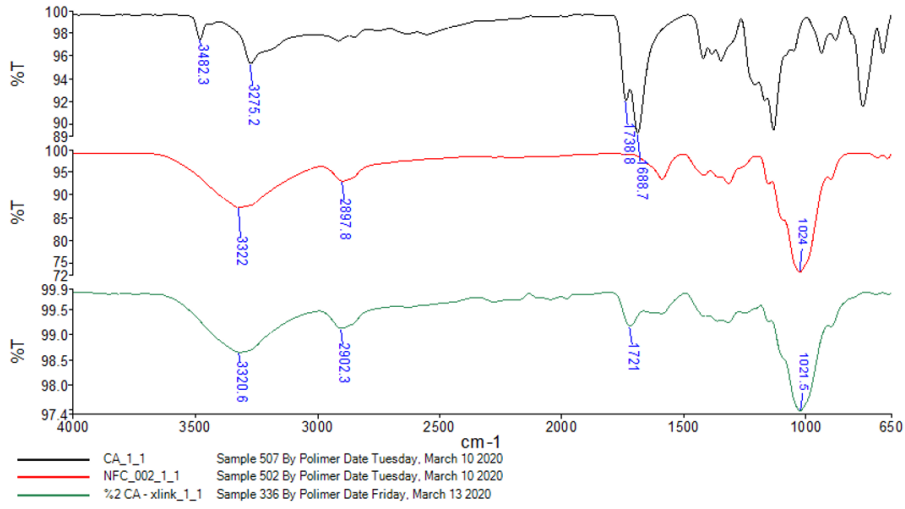
Şekil 4: NFC çözeltisi



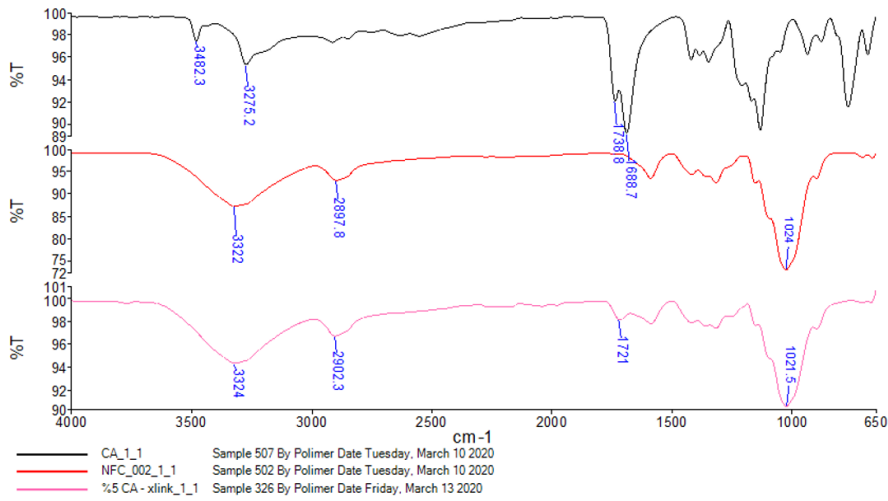
Şekil 5: Farklı konsantrasyonlarda CA içeren NFC filmler

### BULGULAR ve TARTIŞMA

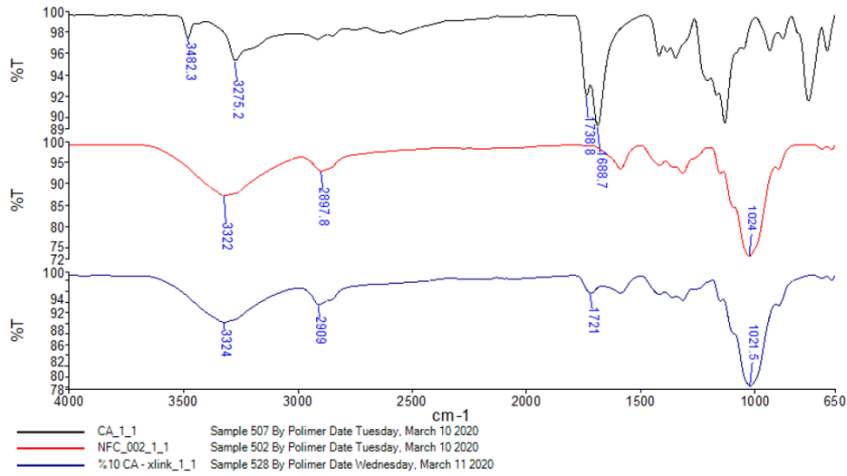
NFC filmlerin CA ile çapraz bağlanma işlemi başarılı şekilde gerçekleştirildi. CA ısıtıldığında, selüloz molekülü ile reaksiyona giren halkalı anhidrür yapısı elde etmek üzere dehidre olur. Halkalı yapıda reaksiyona girmemiş iki karboksil grubu sırayla iki selüloz molekülünün bağlanmasına izin verir. Karboksilik asit gruplarının selülozdaki hidroksil grupları ile reaksiyonu iki kademeli esterleşme reaksiyonudur. Bu mekanizma bir ara anhidrit oluşumuna dayanmaktadır. CA kimyasal çapraz bağlanma öncesi,  $1690\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda C=O karakteristik pikini göstermektedir. Kimyasal çapraz bağlama öncesi, NFC-NFC molekülleri arasında  $3322\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda O-H,  $2897\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda C-H ve  $1024\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda C-O karakteristik piklerini göstermektedir. NFC'nin CA ile çapraz bağlanma reaksiyonu sonucu, başlangıçta R-CO-OH formunda olan CA'de  $1690\text{ cm}^{-1}$ 'deki C=O bağ, oluşan anhidrit yapısının etkisiyle R-CO-R yapısı kazanarak çapraz bağlı polimerde  $1710\text{-}1720\text{ cm}^{-1}$  dalga boyunda pik göstermiştir. Şişme oranı ve AAP testlerinde, artan CA konsantrasyonu ile çapraz bağ yoğunluğunda artma ve buna bağlı olarak hidrojelın şişme oranında azalma tespit edildi.



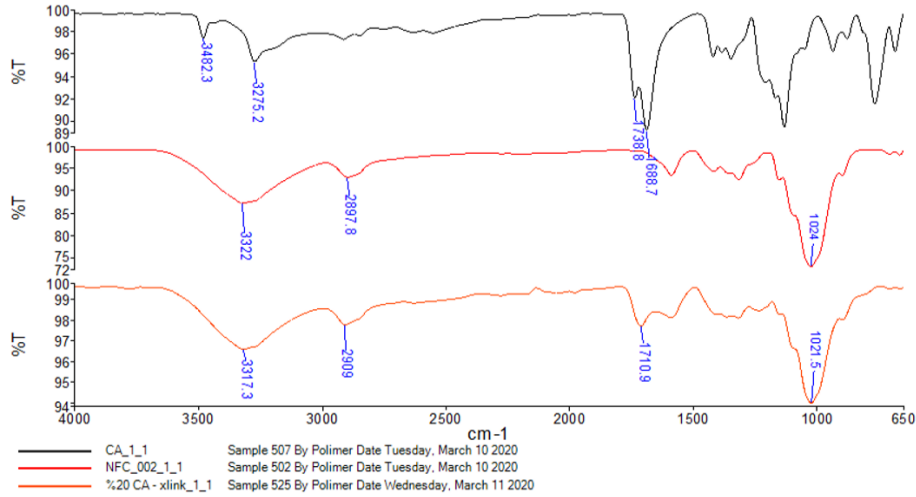
Şekil 6: %2 CA (gr/gr) ile çapraz bağlı NFC FTIR Spektrumları



Şekil 7: %5 CA (gr/gr) ile çapraz bağlı NFC FTIR Spektrumları



Şekil 8: %10 CA (gr/gr) ile çapraz bağlı NFC FTIR Spektrumları



Şekil 9: %20 CA (gr/gr) ile çapraz bağlı NFC FTIR Spektrumları

Tablo 1: Saf su ve %0,9'luk NaCl ile % şişme oranları

	Saf su ile	%0,9'luk NaCl ile
Saf NFC	4061,45	435,41
NFC + %2CA	3259,28	408,42
NFC + %5CA	136,60	105,31
NFC + %10CA	98,31	81,47
NFC + %20CA	41,96	39,79

Tablo 2: %0,9'luk NaCl ile basınca karşı şişme testi

	Basınca Karşı Şişme (g/g)
Saf NFC	13,57
NFC + %2CA	12,46
NFC + %5CA	12,13
NFC + %10CA	11,49
NFC + %20CA	8,18

## SONUÇ

Sitrik asit ile çapraz bağlanmış yeni nanofibril selüloz esaslı hidrojeliler başarılı şekilde sentezlenmiştir. Elde edilen FTIR spektrumları, sitrik asit ile nanofibril selülozun çapraz bağ oluşumunun varlığını desteklemektedir, sonuçlar ümit vadedicidir. Saf su ve %0,9'luk tuzlu su ile yapılan şişme oranı testinde artan çapraz bağ yoğunluğu ile hidrojinin şişme oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Basınca karşı şişme testinde de farklı konsantrasyonda sitrik asit içeren nanofibril selüloz hidrojelilerde benzer trend gözlenmiştir. Bu çalışmanın NFC ve CA ile ileride yapılacak çalışmalara ışık tutacağı düşünülmektedir.

## **KAYNAKLAR**

- Ambrosio L, Demitri C, Sannino A 2011. Superabsorbent cellulose-based hydrogels for biomedical applications. *Biomedical Hydrogels*. Page 25-50.
- Demitri C, Sole RD, Scalera F, Sannino A, Vasapollo G, Maffezzoli A, Ambrosio L, Nicolais L 2008. Novel Superabsorbent Cellulose-Based Hydrogels Crosslinked with Citric Acid. *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 110, 2453–2460.
- Missoum K, Belgacem MN, Barnes JP, Brochier-Salon MC, Bras J 2012. Nanofibrillated Cellulose Surface Grafting in Ionic Liquid. *The Royal Society of Chemistry*, 8, 8338-8349.
- Missoum K, Belgacem, MN, Bras J 2013. Nanofibrillated cellulose surface modification: a review. *Materials*, 6, 1745-1766.
- Nonwovens Standard Procedures 2015. NWSP 242.0.R2 (15), Polyacrylate Superabsorbent Powders - Gravimetric Determination of Absorption Against Pressure, Edana, Paper 779-790.
- Sonker AK, Rathore K, Teotia AK, Kumar A, Verma V 2018. Rapid Synthesis of High Strength Cellulose – Poly(Vinyl Alcohol) (PVA) Biocompatible Composite Films Via Microwave Crosslinking. *Journal of Applied Polymer Science*, 47393.



## The place of metal foams in biomaterial applications

Nuray Beköz Üllen\* (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-2705-2559>)

Gizem Karabulut (ORCID:<https://orcid.org/0000-0003-0930-5380>)

Istanbul University-Cerrahpaşa, Faculty of Engineering, Department of Metallurgy Engineering, İstanbul, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: nbekoz@istanbul.edu.tr

### Abstract

Today, metal foams are preferred in many structural or functional applications in different sectors such as transportation and construction, biomaterials and military materials, thanks to their rigidity, lightness and strength properties. The pore structure of the metal foams can be open, closed or mixed. In the open pore structure, the pores are in contact with each other and the environment in which they are located and they are permeable. In the closed pore structure, the pores are isolated from the environment and from each other. In the mixed pore structure, two pore structures are together. The materials that are intended to be used in the body as biomaterials must have some properties. First of all, it should be biocompatible with its living tissue (it should not be toxic, not cause allergies and not contain carcinogenic components). Then there should be mechanical and physical properties such as adequate strength, elastic modulus, toughness, fatigue strength abrasion resistance and low density. In order to increase the biocompatibility and to have a long lifetime, the biomaterial should have an open porous structure that does not prevent the circulation of blood and body fluids, without preventing the development of living tissue. Considering these desired properties, metal foams have significant potential for biomaterial applications. Metals such as titanium and its alloys, magnesium, tantalum are porously produced and used as biomaterials. Metallic foam shows brittle behavior under the effect of tensile stress. Thanks to its highly porous structure, its energy absorption capacity is high under compression stress. In this review, metal foams used as biomaterials, where are they used and the importance of applications, are discussed in the light of the researches.

**Keywords:** metal foams, biomaterials, biocompatibility

### INTRODUCTION

Nowadays, metallic foams have commercially attracted the attention of many industries. They are preferred in many fields such as automotive, aviation and medical applications thanks to their properties which it has. Although the meaning of "foam" is original sense as gas in the liquid, the structure obtained by dispersing the gas also in the solid is called foam. Metallic foam generally means solid foam (Banhart, 2001). The production method of metallic foams can be selected according to the type of metal, that the foam will be produced (Al, Fe, Mg, Cu, Ni etc.) and the properties of the foam (porosity, pore type, density, etc.) (Beköz, 2011). Depending on the shape, distribution and connection of the pores, their properties vary and they have a wide range of uses (Mutlu, 2011). Porous metals are divided into three as closed, open and mixed porous according to the connections of the pores. This is the parameter that basically separates the areas of usage. Since foams with closed pore structure have better mechanical properties, they are used in structural, impact and sound insulation applications. Open porous foams are used in filters, catalyst carriers and biomedical applications due to their permeability properties (Beköz, 2011). In recent years, metallic foams made of different metals have been used in different parts of the body. Metallic open porous foam structures have a significant potential in biomedical applications, especially since they show a similar structure to the tissue of the bone (Matassi et al., 2013). In this review, the reason for the importance of metallic foam structures in biomedical applications, the implants and their usage areas are mentioned.

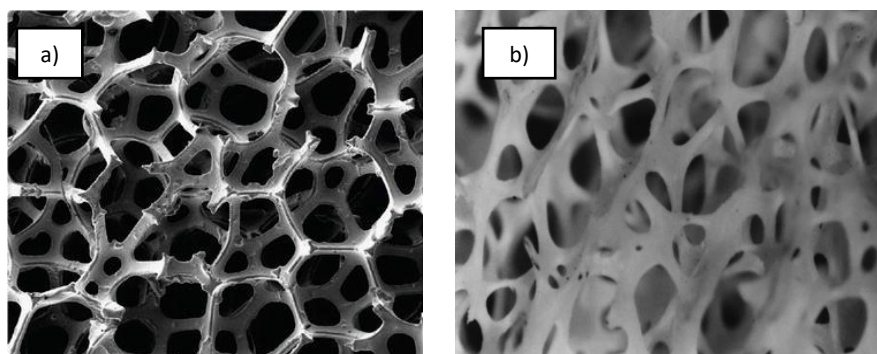
### IDEAL BIOMATERIAL AND ADEQUACY OF METALLIC FOAMS

In order for a material to be used as a biomaterial, it should have basic properties (Mutlu, 2011). In this section, these features and the compatibility of metallic foams with these features are mentioned.

### Biocompatibility

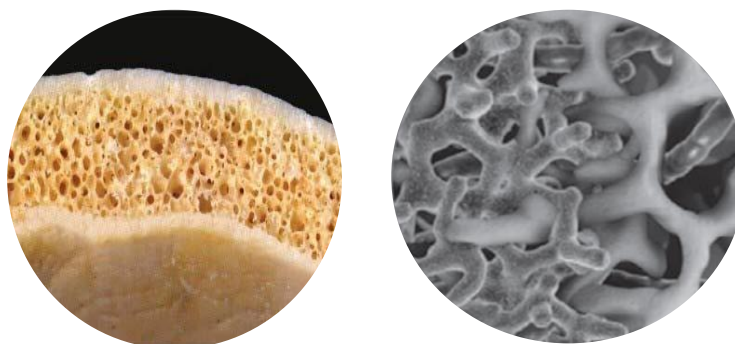
The biomaterial that was used can react in to four different ways with living tissue; toxic, bioinert, bioactive and biodegradable. When the implant material is placed in the body, the body tissue either completely rejects the implant or keeps it in place with some complications. The goal for an ideal implementation; is to implant the material into the body without any complications or bad effects (Cömert, 2005). Metals such as Ni, Al and V exhibit toxic behavior. Ti, Stainless Steel (316L, 17-4 PH) and Co-Cr alloys exhibit bioinert behavior, while

metals such as Mg and Zn exhibit biodegradable behavior. The used metal should not react with the tissue, bone or body fluids. It should not form toxic substances, not cause allergy, not contain carcinogenic substances and not release metallic ions (Cömert, 2005). The foams produced from Ti, SS, Co-Cr alloys and Mg used in biomaterial applications exhibit compatible behavior with the body (Mutlu, 2011). In addition, the porous structure of metallic foams has a structure similar to that of the bone, so that it can transmit body fluids increases adhesion to the tissue where the implant is located (Nouri, 2017). SEM images of cancellous bone and open-cell metallic foam structure are given in Figure 1.



**Figure 1.** SEM images a) open porous metallic foam (Alhusseney et al., 2017) b) cancellous bone (Wu et al., 2014)

In Figure 2, bone structure and schematic representation of osseointegration of bone and foam are given. Bone has two different structures, cortical (compact) and cancellous (porous). Cortical bone generally has 5-10% and cancellous bone has %75-95 porosity (Mutlu, 2011). The term osseointegration firstly used by Professor Branemark. It is defined as the formation of a structural and functional bond between bone and implant (Cranin and Lemons, 2004).



**Figure 2.** Bone structure (Kayacan et al., 2016) and osseointegration of bone and foam (Nouri, 2017)

### Mechanical Properties

It is desired that the mechanical properties (strength, hardness, elastic modulus, toughness, wear resistance etc.) of the material to be used as a biomaterial are compatible with the properties of the bone. In order to choose the appropriate material, firstly it is necessary to know the properties of the bone. The elasticity modulus of the cortical bone is in the range of 15-20 GPa and the compression yield strength is in the range of 30-150 MPa. The elasticity modulus of the cancellous bone is in the range of 0.09-2 GPa and the compression yield strength is in the range of 10-70 MPa (Mutlu, 2011; Matsushita et al., 2017). The incompatibility of the mechanical properties of the implant and bone causes the formation of stress shielding effect. With the incompatibility of the mechanical properties, the implant will carry the load, in this case, stress shielding occurs and the load no transmitted to the bone and it weaken over time (Joshi et al., 2000). In order to reduce or prevent the occurrence stress shielding effect, materials should be selected close to the bone structure. For example, while the elastic modulus of the dense form of Ti metal, which is frequently preferred in bone implant applications, is 100 GPa, it is advantageous to reduce the porous form of 45-50% to the range of 5-10 GPa (Matsushita et al., 2017). In addition, the porosity can be changed to adjust the mechanical properties and thanks to this, metallic foams are advantageous for biomedical applications.

## Physical and Chemical Properties

Properties of biomaterials such as weight, porosity and pore size are important physical properties. If the implant material used is heavy, it will disturb the host. Therefore titanium implants are preferred over heavy implants such as platinum, which were previously used. Porous materials' being lightweight construction and energy absorption properties would be advantageous in this respect. At the same time, the porous structure provides transportation of nutrients and tissue ingrowth, thereby ensuring osseointegration and long-life (Karageorgiou and Kaplan, 2005). In order to facilitate bone tissue regeneration, interconnected structure of pores, pore size and shapes, and porosity factors are important. Xue et al. reported that the porous size of the porous structures intended to be used as biomaterials should be at least 200  $\mu\text{m}$ . If it is smaller, the cells block the pores and cannot pass (Xue et al., 2007). In addition, high pore sizes also negatively affect mechanical properties, but porosity is a more important parameter affecting mechanical property (Mutlu, 2011). With increasing porosity, the permeability amount increases, but the elastic modulus decreases (Wu et al., 2014). The porous structure of metallic foams and the pore size, porosity and open or closed pore shapes can be adjusted in production methods and that provides advantage to metallic foams in biomedical applications. In addition to these properties, the properties of porous metals such as corrosion resistance, heat transfer, and electrochemical activity are better than their dense ones. Because foams' specific surface areas are more than dense metals (Qin et al., 2015).

## Reproducibly

The used material must be sterilized and reproducible in accordance with international standards. The pores can be obtained by coating or at the production stage. In addition, production costs must be reasonable. Implantation should be simple, precise and reproducible (Matassi et al., 2013).

## METAL FOAMS IN BIOMEDICAL APPLICATIONS

As mentioned in the previous sections, metallic foams have many advantages in biomedical applications. In this section, metals such as stainless steel, titanium which are frequently used in the applications, their usage areas and their advantages/disadvantages are mentioned.

### Stainless steel

Stainless steels are one of the first bioinert metals used in orthopedic implant applications. Stainless steels mainly contain iron, carbon, nickel and chromium, sometimes using additives such as molybdenum improves their properties. Generally preferred stainless steel is 316L. Compared to other used metals, stainless steels show lower strength, higher corrosion resistance and hardness. However, 316L provides corrosion resistance it relies on passivation with the thin layer of oxide. Increased porosity increases the corrosion resistance of 316L. The distribution of pores and surface geometries are important parameters. Since the open pore structure facilitates the transfer of oxygen, it allows the formation of a passive layer. Their high hardness makes Titanium and its alloys more advantageous in applications (Mariotto et al., 2011; Matassi et al., 2013).

### Magnesium

Magnesium is an important material in biomedical applications for bone. It is essential for human nutrition and bone health. Its biodegradability and compatibility of its mechanical properties with bone structure provides advantages for biomaterial applications. Thanks to its biodegradability, it will heal the tissue after it is placed and then it will be absorbed or expelled from body. Thus, no secondary operation is required. In addition, low temperature required for the preparation of porous magnesium and less use of spacing agents required are other advantages. However, porous magnesium is not preferred much because of its corrosion resistance inadequate in vitro, multiple phases in its structure and insufficient porosity (Zhuang et al., 2008; Zhou et al., 2017; Qin et al., 2015).

### Co-Cr alloys

CoCr alloys are preferred metals as implants thanks to their inertness and wear resistance. It is preferred in applications such as acetabular cup, femoral stems or total knee arthroplasty components that require abrasion resistance. However, when tissue ingrowth is examined, a small fibrous ingrowth is observed. This may prevent long-lasting application. In addition, CoCr based alloys contain high amounts of Ni. This can cause allergies. Instead of Ni, alloys containing Mo should be preferred (Cömert, 2005; Matassi et al., 2013).

## Tantalum

Tantalum is a new remarkable biomaterial compared to other metals. Thanks to its biocompatibility and suitable biomechanical properties, it has potential in biomedical applications. It is preferred because it has high friction resistance, low elastic modulus and can be produced as highly porous (George and Nair, 2018). Studies have shown that despite its high porous structure, it is resistant to physiological loads and can support bone ingrowth even under these conditions. In addition, it is more resistant to corrosion than titanium, which is more often preferred in biomedical applications. However, the production cost is higher. In-vitro studies, better extracellular matrix formation and advanced cell adherence and growth in tantalum were observed (Matassi et al., 2013). Nowadays, it is used in many orthopedic applications such as total hip (acetabular component) and knee implants (patellar component), foot and ankle surgery and spine fusion implant etc. (Matassi et al., 2013; George and Nair, 2018). Despite its superior advantages, it has very high melting temperature (2996 °C) and high affinity to oxygen; these are limiting its production and methods to be used (Qin et al., 2015). In total hip arthroplasty (THA) operations, the life of the implant depends on many factors such as design and production process, surface structure and bone integration features. Tantalum is ideal for this application and tantalum acetabular components can be found in three forms: a monoblock acetabular component with direct compression molded polyethylene, a monoblock acetabular cup with peripheral screw fixation, and a modular acetabular component coated with porous tantalum framework (George and Nair, 2018). Figure 3, Shows the porous tantalum monoblock acetabular component for use in total hip implants. Osteonecrosis of the hip occurs when there is a blood flow problem in the head of the femoral bone. Since sufficient nourishment does not occur, the head of bone cannot be fed and dies and collapses over time. As a result, the articular cartilage covering the hip bones also collapses, leading to disabling arthritis (Foran and Miller, 2018). Figure 4 shows tantalum implant commonly used to prevent the early stages of this disease. It is thought that porous tantalum improves transportation of nutrient thanks to its close to bone mechanical properties and porous structure and also supports bone formation (George and Nair, 2018).



**Figure 3.** Tantalum monoblock acetabulum (George and Nair, 2018)



**Figure 4.** Osteonecrosis implant (George and Nair, 2018)

Porous tantalum is also preferred in cervical and lumbar spine surgeries. Previous research has shown that the use of porous Ta in implant applications for the spine provides advantages in many aspects (George and Nair, 2018; Levine et al., 2006). The implants used in spine applications are shown in Figure 5.



**Figure 5.** Spine arthrodesis implants (George and Nair, 2018)

In addition, porous tantalum is also used in total knee arthroplasty. Currently, the parts used in this application are parts such as a monoblock tibial component, patella button. Thanks to the properties and advantages of tantalum mentioned in other applications, it also has a potential in this operation (George and Nair, 2018, Levine et al. 2006).

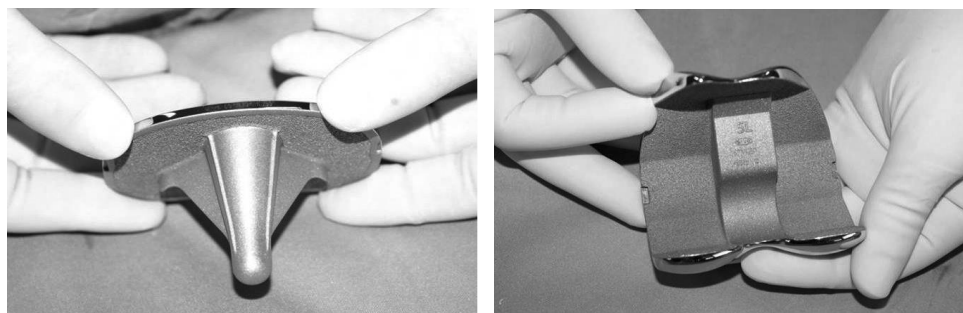


**Figure 6.** Monoblock tibia, revision TKA augments, and salvage patella button (George and Nair, 2018)

It is clear that tantalum has an important place in bone implant applications thanks to its properties. However, it seems necessary to do more studies and improve its properties such as adhesion properties and lifetime of implant (George and Nair, 2018).

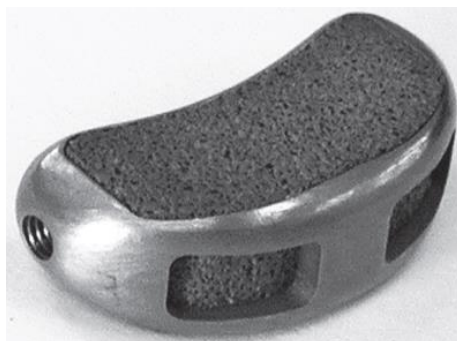
### **Titanium and its alloys**

Porous titanium is a material that is frequently used in biomaterial applications and it is achieved successful results. It is preferred due to its high chemical stability and mechanical properties. They are preferred because of their high chemical stability, mechanical properties, good biological compatibility with living tissue and their elastic modulus suitable with bone tissue (Matsushita et al., 2017; Xue et al., 2007). Although titanium foams are currently preferred as dental implants, they are used in total knee, hip and shoulder arthroplasty implants (Matassi et al., 2013). Figure 7 shows the femoral and tibial components used in total knee surgery.



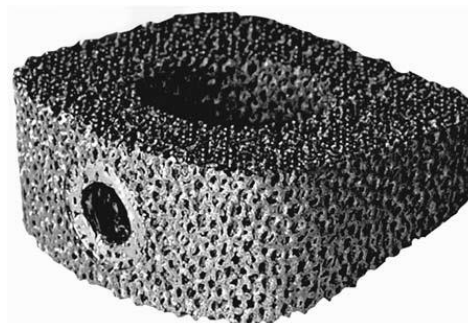
**Figure 7.** Porous titanium components; Tibial (left) and Femoral (right) (Matassi et al., 2013)

Figure 8 shows the biofoam cancellous titanium developed by Wright Medical Technology. This component is used for treatment of the adult flatfoot deformity.



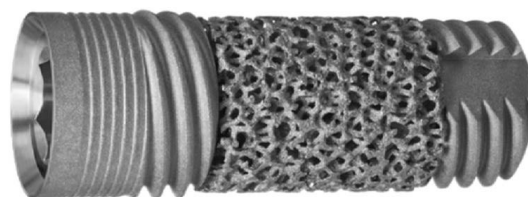
**Figure 8.** Porous titanium component used in treatment of the flatfoot deformity (Tucker,2010)

Figure 9 shows the bioactive titanium foam used for spinal interbody fusion. The component consists of titanium foam that produced with powder metallurgy technique placed in a dense frame.



**Figure 9.** Titanium foam used for lumbar interbody fusion (Matsushita et al., 2017)

Thanks to the good osseointegration shown by metallic foams, one of the area is in dental implants where the most important potential. Figure 9 shows the implant developed by Zimmer Dental Inc. Thanks to the integration of the porous part of the implant with the mandible; the implant inserted in the place of the missing tooth gives better results (Nouri, 2017).



**Figure 10.** Dental implant developed by Zimmer Dental Inc. (Nouri, 2018)

## CONCLUSION

Metallic foams are used in many areas and have significant potential in many areas thanks to their improvable properties. One of the most important areas of use is biomedical, thanks to the similarity of the pore structure to the structure of the cancellous bone. Many metals have been tested for use in this field from past to present. In this review the compatibility of the properties of metallic foams in bioimplant applications, the types of

metallic foam used in the applications and the areas of use are mentioned. Especially tantalum and titanium foams have an important place in applications. However, it creates problems because its pore structure causes a decrease in corrosion resistance and causes ion release. For this reason, it is preferred as coating or regionally instead of completely porous structure. It is seen that the use of metallic foams will increase and become indispensable in the field of biomaterials with the development of production methods and increasing the strength of the parts.

## REFERENCES

- Alhusseny ANM, Nasser A, Al-zurfi NMJ 2017. High-Porosity Metal Foams: Potentials, Applications, and Formulations, Porosity - Process, Technologies and Applications, IntechOpen, pp. 181-200.
- Banhart J 2001. Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams, Progress in Materials Science, 46: 559–632.
- Beköz N 2011. Microstructural and mechanical properties of iron based foamed metals obtained by powder metallurgy method, Doctoral Thesis, Istanbul University.
- Cömert I 2005. Using powder metallurgy process on applications of the biomaterials, Master's Thesis, Yıldız Technical University.
- George N, Nair AB 2018. Porous tantalum: A new biomaterial in orthopedic surgery, Fundamental Biomaterials: Metals, 243-268.
- Foran JRH, Miller MD 2018. Osteonecrosis of the Hip, Available at: <https://orthoinfo.aaos.org/en/diseases-conditions/osteonecrosis-of-the-hip>, [18.08.2020]
- Joshi MG, Advani SG, Miller F, Santare MH 2000. Analysis of a femoral hip prosthesis designed to reduce stress shielding, Journal of Biomechanics, 33(12), 1655-1662.
- Karageorgiou V, Kaplan D 2005. Porosity of 3D biomaterial scaffolds and osteogenesis. Biomaterials, 26: 5474–5491.
- Kayacan MC, Delikanlı YE, Duman B, Özsoy K 2018. Examining of mechanical properties of transitive (variable) porous specimens produced by SLS using ti6Al4v alloy powder, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 33(1):127-143.
- Levine BR, Sporer S, Poggio RA, Valle CJD, Jacobs JJ 2006. Experimental and clinical performance of porous tantalum in orthopedic surgery, Biomaterials 27, 4671–4681.
- Matassi F, Botti A, Sirleo L, Carulli C, Innocenti M 2013. Porous metal for orthopedics implants, Clinical Cases in Mineral and Bone Metabolism, 10(2): 111-115.
- Matsushita T, Fujibayashi S, Kokubo T 2017. Titanium foam for bone tissue engineering, Metallic Foam Bone Processing, Modification and Characterization and Properties, 111-130.
- Mutlu İ 2011. Microstructural and mechanical properties of porous martensitic stainless steel obtained by powder metallurgy method, Doctoral Thesis, Istanbul University.
- Nouri A 2017. Titanium foam scaffolds for dental applications, Metallic Foam Bone Processing, Modification and Characterization and Properties, 131-160.
- Tucker DJ 2010. Lateral Column Lengthening in Adult Flatfoot Surgery Using a Titanium Metal Foam Wedge Implant, Techniques in Foot & Ankle Surgery, 9(4), 205-210.
- Qin J, Chen Q, Yang C, Huang Y 2016. Research process on property and application of metal porous materials, Journal of Alloys and Compounds, 654, 39-44.
- Wen CE, Mabuchi M, Yamada T, Shimojima K, Chino Y, Asahina T 2001. Processing of biocompatible porous Ti and Mg, Scripta Materialia 45:1147-1153.
- Wu S, Liu X, Yeung KWK, Liu C, Yang X 2014. Biomimetic porous scaffolds for bone tissue engineering, Materials Science and Engineering R 80:1–36.
- Xue W, Krishna BV, Bandyopadhyay A, Bose S 2007. Processing and biocompatibility evaluation of laser processed porous titanium, Acta Biomaterialia 3: 1007–1018.
- Zhuang H, Han Y, Feng A 2008. Preparation, mechanical properties and in vitro biodegradation of porous magnesium scaffolds, Materials Science and Engineering: C, 28(8), 1462-1466.

## Effects of different type carbon additives on the performance of negative lead acid battery electrode

Yakup Sirin\* (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8759-013>), Yildirim Eydemir (ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4460-9670>), Ilter GURSOY (ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3415-4046>), Hulki Buyukkalender (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6227-9295>)

Abdulkadir Özcan Otomotiv Lastik Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi, R&D Center, Cankırı, Turkey.

\*Corresponding author e-mail: yakup.sirin@akoaku.com

### Abstract

In this study, it is aimed to increase the electrical performance of standard lead acid batteries by developing chemical properties of negative electrode. For that purpose, different type carbon blacks were used as additives in negative paste. This study consists of three sections. In the first section, different type carbon blacks were characterized. In the second section, negative electrodes were prepared. The last section, lead acid batteries were prepared and electrical performance tests were done (12V 60Ah 550EN). The electrical test results of the prototypes were compared with the test results of a standard battery without a new additive. Electrical performance tests were applied according to Turkish Standards Institute 50342-1 standards. As a result, the porosity of the electrode increased due to the carbon additive used in the negative active material, thereby the electrical test results positively effected. Owing to the carbon black used in lead acid battery, capacity, cold cranking ampere and life performance have increased significantly. When the BET results of different types of carbon black are increased, battery electrical test performances are also increased. However, BET values are not a direct criterion for electrical test results.

**Keywords:** Lead acid battery, carbon black, negative active material.

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. History of lead acid battery

The battery is named the system that delivers electrical energy, as a chemical energy storage and as electrical energy according to your state. The primary task on the vehicles is to work the starter motor, which gives the motor the first movement. Besides, in state of problems with the charger; air conditioner, heater, radio, headlight is needed to operate such systems (Boden, 1998). The main elements of the lead acid battery were found place approximately over 100 years ago. Gaston Plante was the first to submit that a beneficial discharge current could be withdrawn from a double of lead plates (positive-negative plate) that had been submerged in sulfuric acid and subjected to a charging current (Planté, 1860).

Lead acid batteries form the basic of rechargeable battery systems. Batteries reliability, low cost and life span for many years despite the developing technology and new battery systems are still the most preferred battery in the world as the most widely used system. But, use of lead acid batteries was limited owing to the slow process of production of the electrodes and their very low capacity. In the late 1870s, there was an excessive need of new technologies for lead acid production (Pavlov, 2011).

In 1881, Camille Fauré (1881) was added a battery paste of red lead (II) oxide ( $Pb_3O_4$ ), water and sulfuric acid with lead positive plates. The Positive paste was converted active bulk with charging to form  $PbO_2$  and Pb. Consequently, the specific energy of the lead acid batteries were raised. (Pavlov, 2011).

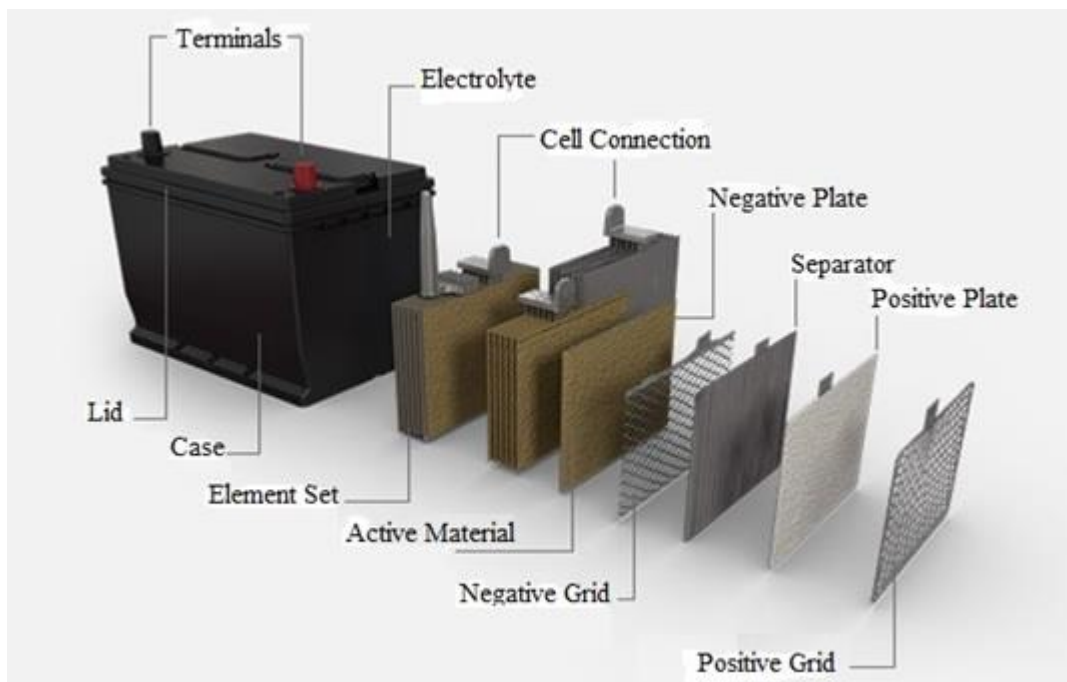
The research group of Gladstone (1882) two electrodes during battery performance and reported double sulfate theory.

In 1883, Hermann Aron was explored the charge and the discharge period of lead acid battery. Aron said a correlation among the discharge time and specific density of  $H_2SO_4$  electrolyte. (Pavlov, 2011).



## 1.2. Lead acid battery components

Lead–acid battery composed of positive electrode, negative electrode, separator and sulphuric acid solution as an electrolyte. These compound types are shown in Figure 1.



**Figure 1.** Standard lead acid battery

Mission of four three basic components in the lead acid battery are;

1- The active material is a chemical mixture that is pasting on the surface of the grid and transforms the grid into a plate. Negative and positive active material is applied to the surface of the grids to form positive and negative electrodes in the battery.

2- Negative electrode: Before charging of negative electrode includes metallic lead (Pb), lead oxide (PbO) and additives (carbon black, barium sulfate, lignin derivative, etc.) in the lead acid battery. After charging of negative electrode includes metallic lead (Pb) and lead sulfate (PbSO<sub>4</sub>) in the lead acid battery.

3- Positive electrode: Before charging of positive electrode includes metallic lead (Pb), lead oxide (PbO) and red lead (II) oxide (Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) in the lead acid battery. After charging of positive electrode includes lead dioxide (PbO<sub>2</sub>) in the lead acid battery.

4- The electrolyte: Diluted with pure water sulfuric acid solution is mixed as an electrolyte in the lead acid battery. Sulfuric acid provide between the positive and negative electrode ionic charge transfer.

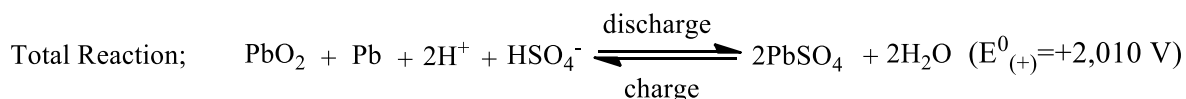
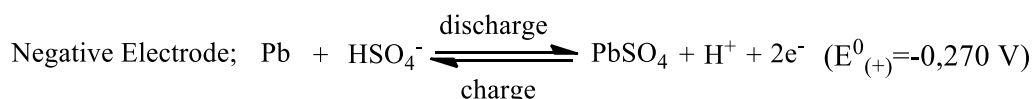
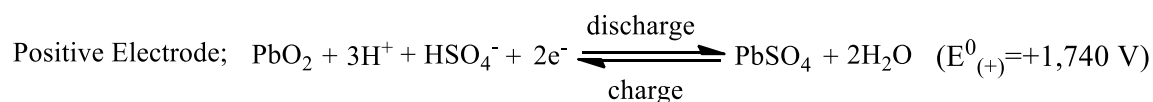
## 1.3. Lead acid battery production process

Lead acid battery; oxide manufacturing, strip and grid manufacturing, paste mixing process, pasting process, curing process, assembly, formation, laboratory and test processes, including different manufacturing methods and processes are produced as a result of the merger (Eydemir, 2019).

## 1.4. Reaction of lead acid battery

The charge and discharge reactions of lead acid batteries for positive and negative electrode respectively are as follow;

$E^0$  is the normal electrode potential for lead acid battery electrodes while electrode is in normal state.



### 1.5. The use of carbon black in lead acid battery

It is showed that carbon has a very high conductivity. For this reason, carbon additives are mainly used in the lead acid battery industry. These are carbon black additives, graphite and activated carbon. Carbon black is usually used in lead acid battery.

Carbon additive in the negative active material improves the electric conductivity at the end of the discharge. Besides carbon additive is increase the amount of PbSO<sub>4</sub> crystal in negative active material. (Sarvanan et al., 2013). Carbon black assists formation of small lead sulfate (PbSO<sub>4</sub>) particles. (Fernandez et al., 2010). Carbon black assists formation of small lead sulfate (PbSO<sub>4</sub>) particles. So lead sulfate dissolving smoothly and prevent lead sulfate crystal growth. Carbon black is a very important additive for negative active material because of increasing the negative electrode active surface. Carbon black additives make high capacity, landing the charge voltage and facilitating the charge acceptance. Also, carbon black behaves as an electro-osmotic pump for electrolyte diffusion the negative active material. (Pavlov and Nikolov, 2013). Carbon additive shows super capacitive influence in NAM for carbon additive decrease pore radius of NAM (Tong et al., 2015).

In this study, the effects of carbon black used in negative active material on the battery were investigated. Therefore, negative electrodes with 4 different brands of carbon black and a negative electrode with no carbon black were used. Batteries with 12V 60 Ah 550 CCA (EN) features were made from these electrodes.

## MATERIALS AND METHODS

**2.1. Lead (II) oxide and sulfuric acid as main components, carbon black, lignosulfonate, barium sulfate, fiberglass as an additive were used in this study.**

### 2.2. Plate preparation and battery design (carbon materials added to NAM)

The pre-prepared carbon additives have similar active surface area and different particle size range from several microns. Carbon-free negative active material was used for comparison.

### 2.3. Negative paste preparation and characterization

Experimental groups of carbon additives doped to negative pastes are showed in Table 1. Paste without carbon was also prepared and used for assembling reference plates. Paste provision was made mixing all chemicals for all study. All the plates were cured and dried at 55-85 °C for 24 h. The samples of NAM after formation and HRPSoC cycling were characterized by BET Surface Analyzer.

**Table 1:** Experimental groups of carbon additives to negative plate

Signature	Composition	Concentration in NAM (wt.%)
<b>R0</b>	Non carbon	-
<b>HS1</b>	HS1 brand Carbon	0,1%
<b>J1</b>	J1 brand Carbon	0,1%
<b>O1</b>	O1 brand Carbon	0,1%
<b>C1</b>	C1 brand Carbon	0,1%

## 2.4. Lead acid battery design and production

The influence of carbon additives on the performance of negative lead-acid battery plate was investigated 12 V 60 Ah 550 EN lead acid batteries.

## 2.5. Charging of the produced batteries

There is no construction difference between the batteries except the type of the carbon black in the paste of the negative plate. All founded differences are according to the carbon black used in different brands.

In this study, batteries contain 7 positive and 6 negative plates in each cell. This battery has 60 AH and 550 CCA (EN) features as standard. Batteries were charged with constant current in the charging pools in the laboratory. Pool temperature is fixed at 35°C.

## 2.6. After charging: ADV / CCA specification

The end-of-charge ADV / CCA of the batteries were measured with the Mitronics device, which is accepted as the norm for all battery companies. ADV refers to the total voltage of the six cells of the battery value that should be 12,72 and above after 2 hours. CCA values show the battery's cold cranking ampere. After 2 hours, 550 and above are suitable. (EN : European norm)

## 2.7. Capacity test

The capacity is 20 h capacity (C20-Ah) defined for the temperature of 25 °C ± 2 °C. Capacity test was applied according to TS EN 50342-1.

The battery must be discharged with the  $I_n$  current, which is kept constant at ± 1% of the rated value, until the voltage between the terminals drops to 10,50 V ± 0,05 V. This discharge time,  $t$  (h), should be recorded. The beginning of the discharge should be within the period of 1 hour to 5 hours from the end of the charge. The nominal 20 h capacity  $C_n$  is the electric charge (in Ah) that a battery can supply with a current:  $I_n = C_n / 20$  h

$$C_e = t \times I_n \text{ (Ah)}$$

## 2.8. Cranking performance test

Cranking performance test was applied according to TS EN 50342-1. The battery temperature should be brought to -18°C ± 1°C. The battery must be discharged with  $I_{cc}$  current. After 10 s discharge, the voltage  $U_f$  between the terminals should be recorded and the current cut off. The  $U_f$  voltage should not be less than 7.50 V. The battery should then be discharged with a current of 0,6  $I_{cc}$ . Discharge should be terminated when the battery voltage reaches 6V. Discharge time ( $t'_{6V}$ ) up to 6V at 0,6  $I_{cc}$  should be recorded in seconds.

## 2.9. Cycle Test

Batteries should be placed in a water bath and stored at +40 ± °C ± 2°C. The charge voltage  $U$  15,6 V aq and charge rate CR of the battery to be tested will be used as 1,08. Batteries will be connected to series of cycles. Each cycle consists of the following:

-The battery will be discharged with a constant current at  $I = 5 I_n$  for 2 hours. If it drops below 10,5 V, the test will be terminated.

-In the first step, the battery will be charged for a maximum of 5 hours under constant voltage and with a current limitation at 5  $I_n$ .

-The above steps are applied until the voltage during discharge is above the limit or until the number of 360 cycles is reached.

## RESULTS

### 3.1. Carbon materials specification

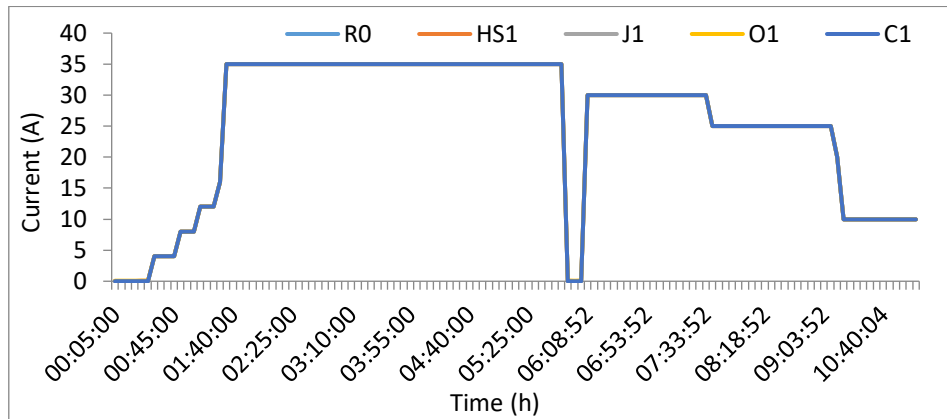
The pre-prepared carbon additives have similar active surface area and different particle size range from several microns. Carbon-free negative active material was used for comparison. The characteristics of carbon additives are showed in Table 1.

**Table 2.** Characteristics of carbon additives under investigation.

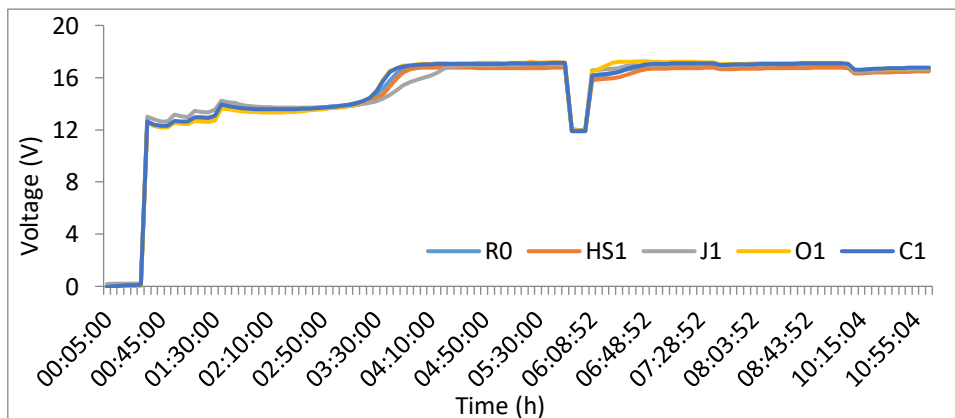
Type of material	BET surface (m <sup>2</sup> /g)	Pore volume (cm <sup>3</sup> /g)	Pore Size (A°)
HS1 Carbon	20,42	0,0701	66,79
J1 Carbon	19,87	0,0530	58,21
O1 Carbon	29,02	0,1035	77,32
C1 Carbon	24,13	0,0608	72,56

### 3.2. Charging features

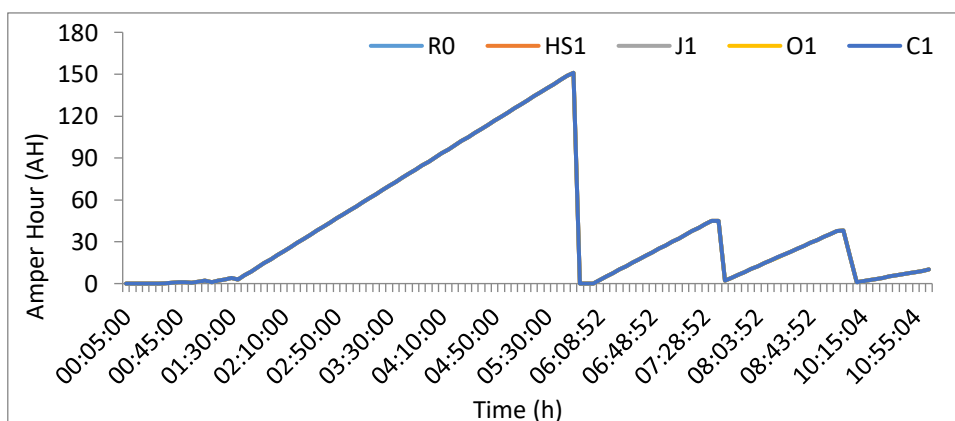
The current, voltage ampere hour and temperature graphs of the test batteries during the charging are as follows.



**Figure 2.** Graph shows the current of the batteries during charging



**Figure 3.** Graph shows the voltage change of the batteries during charging



**Figure 4.** Total ampere hours given to the batteries during charging

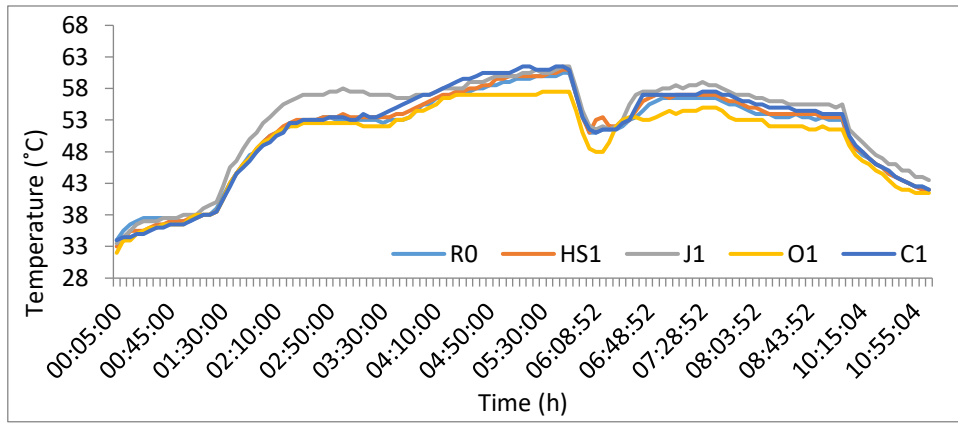


Figure 5. Graphic shows the internal temperature of the batteries while charging

### 3.3. After charging ADV and CCA results

Electrical performances of the battery used % 0,1 different type carbon black are shown in Figure 6 and 7 for ADV and CCA results.

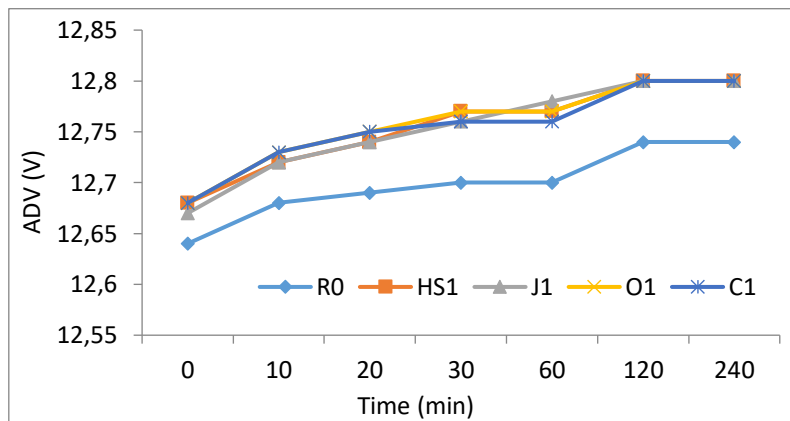


Figure 6. ADV graphic after charging

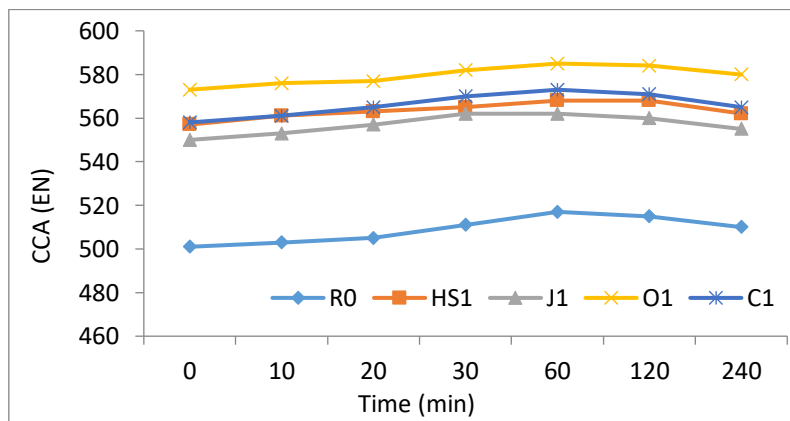


Figure 7. CCA graphic after charging

### 3.4. Capacity test

Electrical performances of the battery used % 0,1 different type carbon black are shown in Figure 8 for capacity results.

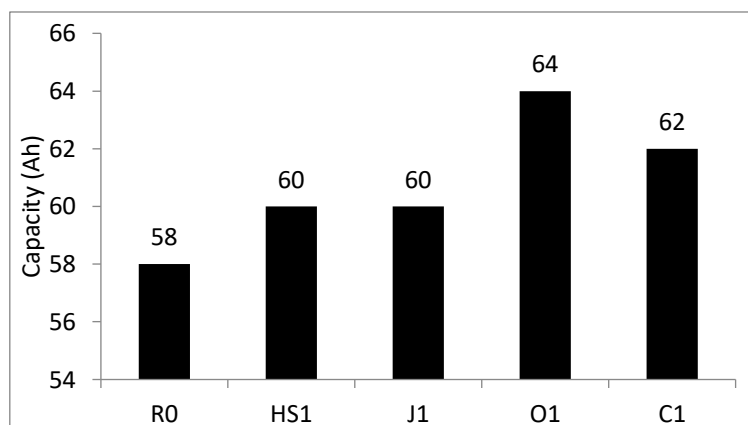


Figure 8. Capacity graph

### 3.5. Cranking performance test

Lead acid batteries containing different types of carbon black are shown in Table 3 cold cranking ampere result.

Table 3. Cold cranking ampere results

Carbon Type	Current draw	$U_f$	After $U_f$ voltage	$t'_{6v}$
R0	550	7,6	7,5	96
HS1	550	10,4	7,5	125
J1	550	10,2	7,5	118
O1	550	11,2	7,5	132
C1	550	10,8	7,5	135

### 3.6. Cycle test

Lead acid batteries containing different types of carbon black are shown in Figure 9 cycle result.

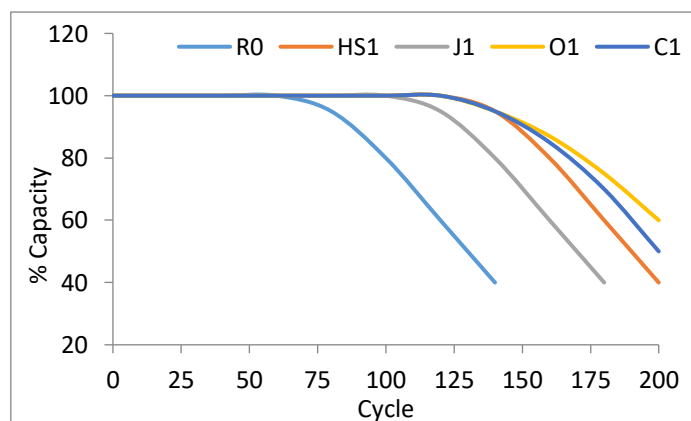


Figure 9. Cycle graph

## DISCUSSION

This article, it was observed that carbon black have a positive effect on battery electrical test results. In addition, carbon black BET results are directly correlated with battery electrical test results.

## CONCLUSION

As a result of this study, carbon black battery achieved 50 units increase in CCA. Batteries containing carbon black increased 4 to 10% in capacity. Finally, battery life is increased by 15% to 30% with carbon black additive. Future research will be conducted for improving electrical properties of battery by using carbon black in different rates.

## **ACKNOWLEDGEMENTS**

We acknowledge to Abdulkadir Özcan AŞ board of directors for their financial and moral support.

## **REFERENCES**

- Boden D.P. 1998. Improved oxides for production of lead/acid battery plates. *Journal of power sources*, 73(1): 56-59.
- Eydemir Y. 2019. Strengthened battery design for start stop vehicles. Gazi University, Energy Systems Engineering, Ankara. pp. 12-28.
- Fernández M, F. 2010. Las variedades de la lengua española y su enseñanza. *Las variedades de la lengua española y su enseñanza*, pp. 1-259.
- Gladstone J. H., Tribe A. 1882. The chemistry of the Plante and Faure accumulators. *Nature*, 25: 221-223.
- Pavlov D. 2011. Lead-acid batteries: science and technology. Elsevier. pp. 11-12.
- Pavlov D., Nikolov P. 2013. Capacitive carbon and electrochemical lead electrode systems at the negative plates of lead–acid batteries and elementary processes on cycling. *Journal of Power Sources*, 242: 380-399.
- Planté G. 1860. Nouvelle pile secondaire d'une grande puissance. Mallet-Bachelier. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 50: 640-642.
- Saravanan M., Sennu P., Ganesan M., and Ambalavanan S. 2012. Multi-walled carbon nanotubes percolation network enhanced the performance of negative electrode for lead-acid battery. *Journal of The Electrochemical Society*, 160(1): A70.
- Tong P., Zhao R., Zhang R., Yi F., Shi G., Li A., and Chen H. 2015. Characterization of lead (II)-containing activated carbon and its excellent performance of extending lead-acid battery cycle life for high-rate partial-state-of-charge operation. *Journal of Power Sources*, 286: 91-102.



**EurasianSciEnTech 2020**

[www.eurasiansciencetech.org](http://www.eurasiansciencetech.org)