

International Researches Congress on  
**Natural and Engineering Sciences**



Online

zoom  
Video Conferencing

(INSAC-IRNES<sup>'23</sup>)

# Proceedings Book



March 18-19, 2023

Konya, Turkey

ISBN: 978-625-6945-58-6

## Editörün Notu/ Editor's Note

**ISBN: 978-625-6945-58-6**

18-19 Mart 2023 tarihlerinde düzenlenen INSAC Uluslararası Doğa ve Mühendislik Bilimleri Araştırmaları (INSAC-IRNES'23) Kongremiz yoğun bir katılım ile gerçekleştirilmiştir.

Kongremizde bilim dünyasının önemli isimleri akademik çalışmalarını sunmuş ve tartışma ortamı bulmuşlardır. Kongremize bizzat katılarak bizleri onurlandıran yabancı davetli konuşmacılarımıza özellikle teşekkür ederim.

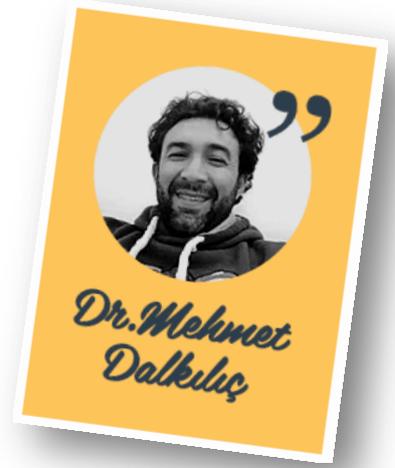
Kongremize katılan ve ilgi gösteren tüm akademisyenlerimize teşekkür eder, gelecek kongrelerimize de katılımlarından onur duyarız.

INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23) held on March 18-19, 2023 with a great participation.

Important names of the scientific world presented their academic studies and found a discussion ambience. Especially, I would like to thank foreign invited speakers who joined us in insac congress.

We would like to thank all of academics who have participated in insac congress.

Doç. Dr. Mehmet Dalkılıç



## Organizing Committee and Secretary / Düzenleme Kurulu

Assoc. Prof. Dr. Mehmet Dalkılıç, Chairman

Prof. Dr. Adnan Çelik

Prof. Dr. Abdullah Karaman

Prof. Dr. Vüsale Musali

Prof. Dr. Serpil Ağcakaya

Prof. Dr. Ali Bilgili

Prof. Dr. Oğuz Özçelik

Assoc. Prof. Dr. Alper Ateş

Assoc. Prof. Dr. Hüdaverdi Mamak

Assoc. Prof. Dr. Metin Açıkyıldız

Assoc. Prof. Dr. Yavuz Topkaya

Assoc. Prof. Dr. Etem Yeşilyurt

Assoc. Prof. Dr. Yakup Doğan

Assoc. Prof. Dr. Halil Uzun

Assoc. Prof. Dr. Seda Uğraş

Assoc. Prof. Dr. Burcu Pehlivan

Assoc. Prof. Dr. Sermin Algül

Assoc. Prof. Dr. Serkan Arslan

Dr. Hale Köksoy

Dr. Hatice Banu Keskinçaya

Assoc. Prof. Dr. Meliha Uzun

## Davetli Konuşmacılar / Invited Speakers

Prof. Nouredine Djebli, Cezayir  
Prof. Dr. Mohammadbagher Rezaee, İran  
Laura Agolli, Arnavutluk  
Dr. Akram Rashid, Pakistan  
Assoc. Prof. Dr. Kamala Ismayilova, Azerbaycan  
Dr. İsam Albabyaty, Irak  
Amina Mehri, Tunus  
Assoc. Prof. Dr. Alsou Kamaliev, Rusya  
Dr. Jamilu Ibrahim Mukhtar, Nijerya  
Dr. Hersh Shkak, Irak  
Dr. Sahman Bayramov, Azerbaycan  
Prof. Dr. Zilola Khudaybergenova, Özbekistan

## Bilim Kurulu / Science Committee

- Prof. Dr. Angelo Sifaleras, University of Macedonia
- Prof. Dr. Aynur Keskin Kaymakçı, Selçuk Üniversitesi
- Prof. Dr. Ali Bilgili, Ankara Üniversitesi
- Prof. Dr. Birol Üner, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Prof. Dr. Fevzi Kılıçel, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Prof. Dr. Gürol Yıldırım, Aksaray Üniversitesi
- Prof. Dr. Loanna Chinou, National and Kapodistrian University of Athens
- Prof. Dr. Nazım Şekeroğlu, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
- Prof. Dr. Olcubay Karatayev, Manas Üniversitesi
- Prof. Dr. Rifat Güneş, İnönü Üniversitesi
- Prof. Dr. Rufat Latif oğlu Huseynzade, Azerbaycan Öğretmenler Enstitüsü
- Prof. Dr. Saadettin Yıldırım, Adnan Menderes Üniversitesi
- Prof. Dr. Selim Yılmaz, Marmara Üniversitesi
- Prof. Dr. A. Ahmet Doğan, Kırıkkale Üniversitesi
- Prof. Dr. A. Azmi Yetim, Gazi Üniversitesi
- Prof. Dr. Ali Bilgili, Ankara Üniversitesi
- Prof. Dr. Arslan Kalkavan, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
- Prof. Dr. Atilla Pulur, Gazi Üniversitesi
- Prof. Dr. Bilge Donuk, İstanbul Üniversitesi
- Prof. Dr. Cengiz Arslan, Fırat Üniversitesi
- Prof. Dr. Faruk Yamaner, Hitit Üniversitesi
- Prof. Dr. Fehmi Tuncel, Ankara Üniversitesi
- Prof. Dr. Gülfem Ersöz, Ankara Üniversitesi
- Prof. Dr. Güner Ekenci, İstanbul Gelişim Üniversitesi
- Prof. Dr. Hayri Ertan, Anadolu Üniversitesi
- Prof. Dr. M. Yalçın Taşmektepligil, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Prof. Dr. Mehmet Günay, Gazi Üniversitesi
- Prof. Dr. Metin Kaya, Gazi Üniversitesi
- Prof. Dr. Muhsin Hazar, Gazi Üniversitesi
- Prof. Dr. Mürsel Biçer, Gaziantep Üniversitesi
- Prof. Dr. Nevzat Mirzeoğlu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
- Prof. Dr. Nurtekin Erkmen, Selçuk Üniversitesi
- Prof. Dr. Osman İmamoğlu, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Prof. Dr. S. Rana Varol, Ege Üniversitesi
- Prof. Dr. Selçuk Çalışır, Selçuk Üniversitesi
- Prof. Dr. Semiyha Tuncel, Ankara Üniversitesi
- Prof. Dr. Settar Koçak, Orta Doğu Teknik Üniversitesi
- Prof. Dr. Vedat Çınar, Fırat Üniversitesi
- Prof. Dr. Zbigniew Pater, Uniwersytet Zielonogórski
- Prof. Dr. Ziaaddin Zamanzadeh, Khazar University
- Prof. Dr. Arslan Kalkavan, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
- Prof. Dr. Asuman Seda Saracaloglu, Adnan Menderes Üniversitesi
- Prof. Dr. Atilla Pulur, Gazi Üniversitesi
- Prof. Dr. Başak Hanedan, Atatürk Üniversitesi
- Prof. Dr. Bilal Uçar, Uluslararası Travnik Üniversitesi
- Prof. Dr. Eleni Sella, National and Kapodistrian University of Athens
- Prof. Dr. Adnan Çelik, Selçuk Üniversitesi
- Prof. Dr. Ercan Oktay, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Prof. Dr. H. Mustafa Paksoy, Gaziantep Üniversitesi
- Prof. Dr. Lynn Rose, American University of Iraq
- Prof. Dr. Orhan Çoban, Selçuk Üniversitesi
- Prof. Dr. Sadettin Paksoy, Kilis 7 Aralık Üniversitesi

- Prof. Dr. Serpil Ağcakaya, Süleyman Demirel Üniversitesi
- Prof. Dr. Suat Gezgin, İstanbul Üniversitesi
- Prof. Dr. Oğuz Özçelik, Kastamonu Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hatira Yusifova, Khazar Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Nurcan Kılıç Baygutalp, Atatürk Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Mustafa Yorulmazlar, Marmara Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Buket Kunduhoğlu, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ulukan, Adnan Menderes Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal, Atatürk Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Fatih Yıldırım, Atatürk Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mübariz Ağalarlı, Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Namiq Musalı, Khazar Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Reza Sirjani, Eastern Mediterranean University
- Assoc. Prof. Dr. Selahattin Avşaroğlu, N. Erbakan Üniv.Kırgızistan-Türkiye Manas Üniv.
- Assoc. Prof. Dr. Yagut Aliyeva, Bakü Devlet Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yaprak I. Özdemir, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yener Özen, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Zivar Huseynli, Khazar University
- Assoc. Prof. Dr. Tayfun Dede, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Alexander Chefranov, Eastern Mediterranean University
- Assoc. Prof. Dr. Dünder Yener, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Edin Jahic, International University of Sarajevo
- Assoc. Prof. Dr. Faiq Elekber, Azerbaycan Milli Elmler Akademiyası
- Assoc. Prof. Dr. Halim Avcı, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hatira Yusifova, Khazar Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Kemal Delihacioğlu, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Mustafa Yorulmazlar, Marmara Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ulukan, Adnan Menderes Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Metin Açıkyıldız, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mustafa Dede, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mübariz Ağalarlı, Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Namiq Musalı, Khazar Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Özkan Timurkan, Atatürk Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Reza Sirjani, Eastern Mediterranean University
- Assoc. Prof. Dr. Selahattin Avşaroğlu, N. Erbakan Üniv.Kırgızistan-Türkiye Manas Üniv.
- Assoc. Prof. Dr. Tefik Ağaçayak, Konya Teknik Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yagut Aliyeva, Bakü Devlet Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yaprak I. Özdemir, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yener Özen, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Zivar Huseynli, Khazar University
- Assoc. Prof. Dr. Cantürk Çapık, Atatürk Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Pınar Gül, Atatürk Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Fikret Alıncak, Gaziantep Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Fikret Ramazanoğlu, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Fikret Soyer, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hakan Sunay, Ankara Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hasan Şahan, Akdeniz Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hatira Yusifova, Khazar Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hayri Aydoğan, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hüdaverdi Mamak, Ömer Halis Demir Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. M. Çağrı Çetin, Mersin Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Mustafa Yorulmazlar, Marmara Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ulukan, Adnan Menderes Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Mübariz Ağalarlı, Azerbaycan Devlet Pedagoji Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Namiq Musalı, Khazar Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Hülya Balkaya, Atatürk Üniversitesi

- Assoc. Prof. Dr. Reza Sirjani, Eastern Mediterranean University
- Assoc. Prof. Dr. Sebahattin Devecioğlu, Fırat Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Selahattin Avşaroğlu, N. Erbakan Üniv.Kırgızistan-Türkiye Manas Üniv.
- Assoc. Prof. Dr. Seda Uğraş, Mardin Artuklu Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Uğur Abakay, Gaziantep Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yagut Aliyeva, Bakü Devlet Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yaprak I. Özdemir, Karadeniz Teknik Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Yener Özen, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Veysel Temel, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Zafer Çimen, Gazi Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Zivar Huseynli, Khazar University
- Assoc. Prof. Dr. Sermin Algül, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
- Assoc. Prof. Dr. Serkan Arslan, Dicle Üniversitesi
- Dr. Ahmet Öztürk, Rosen College of Hospitality Management
- Dr. Ağayeva Aysel, Sumgayıt Devlet Üniversitesi
- Dr. Banu Kesinkaya, Necmettin Erbakan Üniversitesi
- Dr. Zülfiyyə Hacıyeva, Sumgayıt Devlet Üniversitesi
- Dr. Ali Öz, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
- Dr. Ömer Barış İnce, Pamukkale Üniversitesi
- Dr. Atheer Matroud, The American University of Iraq in Sulaimani
- Dr. Badiossadat Hassanpour, Eastern Mediterranean University
- Dr. Bahanur Özkan Bahar, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
- Dr. Erkan Akgöz, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi/Selçuk Üniversitesi
- Dr. Guita Farivarsadri, Eastern Mediterranean University
- Dr. Günel Orucova, Azerbaycan Milli Bilimler Akademisi
- Dr. Hülya Dede, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
- Dr. Mehdi Bashiri, Khazar University
- Dr. Mohamad Alhijazi, Eastern Mediterranean University
- Dr. Mohammed Bsher A. Asmael, Eastern Mediterranean University
- Dr. Sahl Derchawi, Suriye
- Dr. Sevgi Gezici, Kilis 7 Aralık Üniversitesi
- Dr. Ahmet Öztürk, Rosen College of Hospitality Management
- Dr. Atheer Matroud, The American University of Iraq in Sulaimani
- Dr. Badiossadat Hassanpour, Eastern Mediterranean University
- Dr. Erkan Akgöz, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi/Selçuk Üniversitesi
- Dr. Guita Farivarsadri, Eastern Mediterranean University
- Dr. Günel Orucova, Azerbaycan Milli Bilimler Akademisi
- Dr. Mehdi Bashiri, Khazar University
- Dr. Mohamad Alhijazi, Eastern Mediterranean University
- Dr. Mohammed Bsher A. Asmael, Eastern Mediterranean University
- Dr. Sahl Derchawi, Suriye
- Dr. Alper Ateş, Selçuk Üniversitesi
- Dr. Sevgi Dursun Ateş, Selçuk Üniversitesi
- Dr. Tuncer Çakmak, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
- Dr. Ahmet Öztürk, Rosen College of Hospitality Management
- Dr. Ahmet Şahin, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
- Dr. Atheer Matroud, The American University of Iraq in Sulaimani
- Dr. Aysel Kalaycı Yiğın, İstanbul Üniversitesi
- Dr. Badiossadat Hassanpour, Eastern Mediterranean University
- Dr. Barbaros Serdar, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
- Dr. Bereket Köse, Şırnak Üniversitesi
- Dr. Dede Baştürk, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
- Dr. Erhan Devrılmaz, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Dr. Erkan Akgöz, Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi/Selçuk Üniversitesi
- Dr. Guita Farivarsadri, Eastern Mediterranean University
- Dr. Günel Orucova, Azerbaycan Milli Bilimler Akademisi

- Dr. Harun Genç, Bingöl Üniversitesi
- Dr. Hale Köksoy, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Dr. Kazım Kaya, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
- Dr. Kazım Nas, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Dr. Mehdi Bashiri, Khazar University
- Dr. Mehmet Çebi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi
- Dr. Meliha Uzun, Şırnak Üniversitesi
- Dr. Mohamad Alhijazi, Eastern Mediterranean University
- Dr. Mohammed Bsher A. Asmael, Eastern Mediterranean University
- Dr. Murat Atasoy, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi
- Dr. Ömer Özer, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Dr. Özgür Önal, Süleyman Demirel Üniversitesi
- Dr. Recep Soslu, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi
- Dr. Sahl Derchawi, Suriye
- Dr. Tolga Esen, Akdeniz Üniversitesi
- Dr. Tuba Melekoğlu, Akdeniz Üniversitesi
- Dr. Türker Bıyıklı, Nişantaşı Üniversitesi
- Dr. Fikriye Ataman, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
- Dr. Volkan Taşdemir, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi

## Oral Presentations/Sözlü Sunumlar

### İçindekiler

Editörün Notu/ Editor's Note .....	2
Organizing Committee and Secretary / Düzenleme Kurulu .....	3
Bilim Kurulu /Science Committe.....	5
Oral Presentations/Sözlü Sunumlar .....	9
<b>A Numerical Study on the Effect of Impact Angle in a Bird Strike Simulation against Airfoil Profile</b>	<b>13</b>
<b>(Ali İmran Ayten).....</b>	<b>13</b>
<b>Dynamic Lighting Architecture .....</b>	<b>15</b>
<b>(Anıl Kürkcü) .....</b>	<b>15</b>
<b>Recombinant Production of Bacterial Endoglycosidase Enzyme .....</b>	<b>28</b>
<b>(Aziz Umut Durak, Duygu Erdogan, Hulya Ayar Kayali).....</b>	<b>28</b>
<b>Atık Gazların İnsineratörde İmhası ve Yanma Analizi ile Sayısal Olarak İncelenmesi .....</b>	<b>30</b>
<b>(Berkay Dereli, Barış Gürel) .....</b>	<b>30</b>
<b>Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Uyumundaki Performansının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Zaman Serisi Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi ve Gelecek Tahmini Yapılması ...</b>	<b>47</b>
<b>(Can Gülayın, Özgür Kabak).....</b>	<b>47</b>
<b>Investigation of the Effect of Navel Type on Selected Yarn Properties in Rotor Yarn Production of Cotton-Polyester Blend .....</b>	<b>50</b>
<b>(Deniz Mutlu Ala, Mehmet Şahin).....</b>	<b>50</b>
<b>Su Kaynakları Yönetiminde Doğa Temelli Çözümler .....</b>	<b>55</b>
<b>(Dilara Mert, Mehmet Beyhan).....</b>	<b>55</b>
<b>An Overview of the Geodynamics of the Anatolian Plateau .....</b>	<b>69</b>
<b>(Ebru Şengül Uluocak, Russell Pysklywec) .....</b>	<b>69</b>
<b>Plastik Enjeksiyon Süreç Parametrelerinin Taguchi Metodu ile İyileştirilmesi: Otomotiv Yan Sanayi Uygulaması.....</b>	<b>71</b>
<b>(Aslan Deniz Karaoğlan, Ece Nur Bağçeci).....</b>	<b>71</b>
<b>Karbon Emisyonsuz Çelik Üretimi: Çelik için Yeşil Bir Gelecek.....</b>	<b>80</b>
<b>(Elif Kocaoğlu) .....</b>	<b>80</b>
<b>Endüstriyel Sistemlerde Veri Madenciliği Yaklaşımlarının Kullanımı ve Bir Uygulama .....</b>	<b>89</b>
<b>(Esengül Gürbüz, Mehmet Akansel).....</b>	<b>89</b>
<b>Anti-Pinch Systems Definition And Applications In Automotive Industry .....</b>	<b>91</b>
<b>(Furkan Melih Efe) .....</b>	<b>91</b>
<b>GCE/rGO Elektrot Üzerinde CO<sub>2</sub>'in Elektrokimyasal Olarak İndirgenmesi .....</b>	<b>101</b>

(Gizem Çelik, Kumru Rende, Didem Balun Kayan, Pınar Ergenekon) .....	101
Elektroensefalografi Sinyallerinin Makine Öğrenmesi Yapay Sinir Ağları Algoritması Kullanılarak Sınıflandırılması .....	104
(Gizem Güler, Temel Sönmezocak, Merih Yıldız).....	104
Examination of the Behavioral and Mechanical Properties of Mortars Containing Natural and Expanded Perlite Powder against Alkali-Silica Reaction .....	106
(H. Alperen Bulut).....	106
Broyler Rasyonlarına Farklı Oranlarda İlave Edilen Probiyotiğin Besi Performansına Etkisi .....	118
(Halise Serin, Tahir Balevi).....	118
Askeri Hava Araçları İçin 28 V DA Bir Katı Hal Güç Kontrolcüsü .....	120
(Hayrettin Ertaş, Bünyamin Tamyürek, Sinan Kıvrak).....	120
Alzheimer Hastalığının Transfer Öğrenimi Yöntemiyle Teşhisi .....	122
(Hudaverdi Emin Elp, Bülent Bolat).....	122
Challenges and Solutions for Achieving Precise Color Matching in Glass Printing .....	134
(İkbal Yaren Polat, Oğuzhan Evcin, Ufuk Durdu) .....	134
Belirli Bir Meslek Grubunda Çalışan Kişilerde Farklı Partikül Boyutlarında PAH Maruz Kalma Düzeylerinin Araştırılması .....	144
(Işıl Çelik Sağlam, Kutay Apaydın, Banu Çetin).....	144
Kömür Flotasyonu için Taguchi ve Box Behnken Optimizasyon Yöntemlerinin Öngörücü Model Performansının Karşılaştırılması .....	154
(Kiraz Eşmeli).....	154
Automatic Gearbox Shifter Types, Qualifications and Safety Features.....	168
(Melih Cebe).....	168
Investigating the Effect of Lymphocytes Interacted with Senescent Mesenchymal Stem Cell Secretome on Breast Cancer Cell Line by Proteomic Approaches .....	178
(Melis Güzel, Murat Çökkeçeci, Mustafa Burak Acar, Servet Özcan) .....	178
A New Algorithm to Find Initial Conditions for Multi-Variate Newton-Raphson Method to get Trim Point Solutions of the 6DOF Air Vehicle Model.....	180
(Metehan Akıncı, Munir Elferra) .....	180
A549 Hücre Antijenleri Kullanılarak Geliştirilen Aşı Formülasyonlarının İmmünostimülan Etkinliğinin İncelenmesi.....	197
(Murat İhlamur, Kübra Kelleci, Emrah Şefik Abamor).....	197
Rezene Tohumunun A549 Akciğer Kanseri Hücre Hattı Üzerindeki Sitotoksik Etkilerinin İncelenmesi .....	199
(Murat İhlamur, Kübra Kelleci, Emrah Şefik Abamor).....	199
Isolation, Characterization and Antimicrobial Activity of Bacteriocin Producing Lactic Acid Bacteria from Raw Water Buffalo Milk .....	201

(Mustafa Erbakan, Volkan Özavcı) .....	201
Improving Recombinant Membrane Protein Expression in <i>Rhodobacter</i> sp. via Utilization of MISTIC Protein Fusion .....	203
(Mustafa Erbakan, Volkan Özavcı) .....	203
Transformer Bazlı GAN ile Duygu Analizi .....	205
(Narmin Yagubbayli, Mert Bal).....	205
Development of An Electro-Mechanical Device For The Mechanical Stimulation of Cells <i>In-vitro</i> .	207
(Niloufar Boustanabadimaralan Düz, Mustafa Ensar Yay, Selman Şahin, Waleed Jahad Mohammad, Yasin Gülsüm, Samet Akar, İsmail Uyanık, Pervin Dinçer) .....	207
Sintine Atıksularının Ön Arıtımında Çözünmüş Hava Flotasyonunun Yağ-Gres ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderimine Etkisi.....	209
(Nurullah Özdoğan, Murat Eyvaz, Ahmed Albahnasawi, Muhsin Kürşad Yazıcı, Havva Ağır, Ercan Gürbulak, Ebubekir Yüksel) .....	209
An Overview on Improvement of the Efficiency of Solar Panel Glasses .....	211
(Oğuzhan Evcin, İkbâl Yaren Polat, Ufuk Durdu) .....	211
Tekstil Kusur Tespiti için Derin Öğrenme Uygulaması.....	222
(Okan Güder, Şahin Işık, Yıldırım Anagün) .....	222
Application of Support Vector Machine Based on Least Square with Particle Swarm Optimization and Variational Mode Decomposition for Modeling of ERA 5-Based Solar Radiation Data.....	224
(Okan Mert Katipoğlu, Metin Sarıgöl).....	224
Application of Empirical Mode Decomposition, Feedforward Backpropagation Neural Network, and Cascade Forward Backpropagation Neural Network For Flood Routing: A Case Study of Ankara, Mera River.....	237
(Okan Mert Katipoğlu, Metin Sarıgöl).....	237
Elektrikli Araçlarda Batarya Paketi Tasarımı .....	239
(Ömer Faruk Özcan, Pelinnur Topçu) .....	239
Immunotherapy of Breast Cancer: Development of Polymer-Based New Nano Formulations in Combination with Survivin Recombinant Protein.....	254
(Sahar Dinparvar, Emrah Şefik Abamor, Sedanur Öztav, Tugba gul Inci, Dilek Balık , Adil M Allahverdiyev, Malahat Baghirova).....	254
Bruselloz'a Karşı Antijen Yüklü Polimer Temelli Nanopartiküler Aşı Adaylarının Geliştirilmesi ....	257
(Sedanur Öztav, İlgül Akmayan, İrem Çoksu, Serap Acar Derman, Tülin Özbek Arasoğlu, Emrah Şefik Abamor) .....	257
Küresel Ürün ve PLM'nin Küresel Ürüne Etkisi .....	259
(Nesibe Sibel Akbulut) .....	259
Improvement of the Speech Intelligibility in Classroom: Case Study .....	269
(Tarık Serhat Bozkurt).....	269
Electric Vehicle Platforms.....	286

<b>(Tolga Ulkan)</b> .....	286
<b>Investigation of Mechanical and Capillary Properties of Concretes Containing Fly Ash Exposed to Different Curing Times</b> .....	294
<b>(Ufuk Kandil)</b> .....	294
<b>HAVDI Bioactive Sequence Modulates Immune Responses of Adipose Derived Mesenchymal Stem Cells in 2D and 3D Cell Culture System</b> .....	302
<b>(Yelda Yuregir, Demet Kaçaroğlu, Seher Yaylacı)</b> .....	302
<b>Diyarbakır DİSKİ Enerji Sistemi Güç İletiminde Seri Kompanzasyon ile P- <math>\delta</math> Eğrilerinin Modellenmesi</b> .....	304
<b>(Yusuf Berus, Muhammed Fatih Yılmaz, Mohammed Ameen Ahmad, Yurdagül Benteşen Yakut)</b> .....	304
<b>The Effect of Using Aluminium Foam Material with Plastic/Aluminium Sheath on Energy Absorption in Crash Boxes</b> .....	306
<b>(Hatice Özbek, Yusuf Ziya Beyzadeoğlu)</b> .....	306
<b>Atık Baskılı Devre Kartlarından Hidrometalurjik Yöntemle Değerli Metallerin (Ag, Pd, Ni) Eldesi</b> .	316
<b>(Zeynep Gülçin Seçkin, Burcu Didem Çorbacıoğlu)</b> .....	316
<b>Konular</b> .....	324



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

**A Numerical Study on the Effect of Impact Angle in a Bird Strike  
Simulation against Airfoil Profile**

(Ali İmran Ayten)

## A Numerical Study on the Effect of Impact Angle in a Bird Strike Simulation against Airfoil Profile

**Ali İmran Ayten**

Yalova University, Faculty of Engineering,  
Polymer Materials Engineering Department,  
aiayten@yalova.edu.tr

---

**Abstract:** Bird strike is a common engineering problem in aviation industry. It creates a damage on aircraft wing and causes the reduction in material strength. A series of numerical simulations were conducted to understand the effect of impact angle on contact force and absorbed energy. Ls-Prepost v4.8 and Ls-Dyna were used as pre/post processor and solver software. An airfoil profile was modeled by using shell elements and bird geometry was created by smooth particle hydrodynamics (SPH) elements. 7k shell and 19k SPH elements were used in modelling of airfoil and bird, respectively. Hemi-spherical-ended-cylinder geometry was used for bird while 0°, 15°, 30°, 45° and 60° were adjusted as hitting direction. MAT\_009 null and MAT\_024 'piecewise linear plasticity' material models were used for bird geometry and airfoil profile, respectively. Mass of the bird was entered as 1.82 kg and its initial kinetic energy was 1520 J. Force-time and energy-time graphs were plotted to the hitting angle. There was a linear relationship between absorbed energy and hitting angle. 750 J kinetic energy was absorbed by airfoil at 0° hitting direction while 170 J kinetic energy was absorbed at 60° hitting direction. This behavior can be explained by contact time between bird and airfoil at 60° is smaller than the contact time at 0°. The other result can be compared with each other is the contact force. Maximum contact force values were 13542, 12773, 11120, 8870 N for 0°, 15°, 30°, 45°, respectively. In sum, a similar trend like in the kinetic energy was observed.

**Keywords:** Bird strike simulation, Airfoil, Smooth particle hydrodynamics, Ls-dyna

---

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Dynamic Lighting Architecture

(Anıl Kürkçü)

## Dynamic Lighting Architecture

Anıl Kürkçü

TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.

E-mail: anil.kurkcu@tofas.com.tr

---

**ABSTRACT:** Interior and exterior lighting systems used in automobiles have an important role in the visual differentiation of automotive manufacturers from other brands. The network infrastructure of these lighting systems is provided by communication protocols such as CAN, CAN-FD, LIN. However, emerging LED-based animated-dynamic lighting applications will increase the complexity of the vehicle's system and increase the pressure on the in-car network infrastructure. A large number of LEDs will be used for such applications, these LEDs will turn on and off very quickly and will change color in milliseconds. The cost of CAN, CAN-FD communication protocols is high on the other hand the LIN communication protocol is insufficient to manage this weight on the system. In this study, the points of difference and similarity of MeLiBu communication protocol, which was developed to realize such applications, compared to CAN, CAN-FD and LIN communication protocols will be explained, information will be given about its basic features, benefits and content.

**Keywords:** MeLiBu, communication protocol, dynamic lighting, automotive industry, LED.

---

### 1. COMMUNICATION PROTOCOLS for AUTOMOTIVE INDUSTRY

LED-based lighting solutions are increasing their share in our lives day by day, and at the same time, this technology has many benefits for the automotive industry. It has more advantages compared to the incandescent bulbs used before. To give a brief example of these advantages: The power value consumed by interior and exterior lighting systems is much less compared to incandescent bulbs (power value of 1 LED bulb approximately equals power value of 4 halogen bulbs), their developability and reliability and life cycles are higher (The average life cycles of LED in 15 years while the average life cycles of halogen bulbs 2 years). In addition, it allows the development of internal or external aesthetics, thanks to the fact that it allows different applications easily. This difference is very important for automotive manufacturers, allowing the automotive to become more visually appealing to buyers.

LED lighting technology, which was previously used in high-class premium segment vehicles, has become widespread even in economic models in recent years due to the benefits it provides. Nowadays, applying more complex dynamic arrangements – animations to lighting is something that many vehicle brands want. In today's vehicles, multi-colored ambient lighting, cabin lighting can change the tone and intensity according to personal tastes. However, taking this further and making animation-dynamic edits will result in increased system complexity, which in turn will increase the pressure on the in-vehicle network infrastructure. There will be a huge number of LEDs, these LEDs will turn on-off very quickly and will change color very often. Unfortunately, the LIN communication protocol currently used by many cars will be insufficient to achieve this.

The CAN-FD protocol offers superior performance parameters over traditional CAN. It can provide enough bandwidth needed for animated lighting. But its cost is expensive due to its requirements. This is a big problem for vehicle manufacturers because they don't want to use animated lighting only in luxury models, they want to use this innovation in their entire product portfolio. MeLiBu is a new-generation communication protocol developed to deal with these problems.

## 2. COMMUNICATION PROTOCOLS TYPES

### 2.1. LIN Communication Protocol

The LIN (Local Interconnect Network) communication protocol is commonly used in the automotive industry for in-vehicle networking, particularly for low-end electronic control units (ECUs) such as lighting systems. The LIN protocol is designed for simple, low-bandwidth communication. In automotive lighting technology, the LIN protocol is used to connect lighting systems, such as headlights, taillights, and turn signals, to the vehicle's main control module. This allows for the centralized control of the lighting systems and enables basic features such as turning lights on and off, dimming, and blinker signals.

One of the main advantages of using the LIN protocol for automotive lighting technology is its low cost, as it uses less complex hardware and software than other protocols. This makes it ideal for use in cost-sensitive applications, such as in-vehicle networks for budget cars and low-end electronic control units. Additionally, LIN is well suited for simple and less critical applications such as lighting, windows, and door locks controls.

The LIN protocol also supports a simple, master-slave communication model, where one device acts as a master and controls the communication on the bus, while the other devices act as slaves. This allows for easy implementation and maintenance of the network.

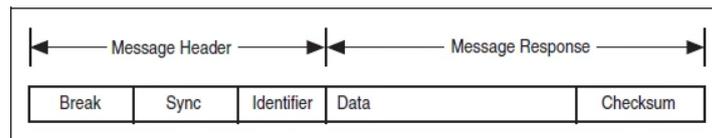


Fig.1. Message Frame of the LIN Communication Protocol

The technical specifications for using the LIN (Local Interconnect Network) protocol in automotive lighting technology can vary depending on the specific application and the requirements of the vehicle manufacturer. However, some common technical specifications include:

**Data rate:** The typical data rate for the LIN protocol in automotive lighting technology is around 20 kbps. This allows for low-bandwidth communication and simple control of lighting systems.

**Network topology:** The LIN protocol uses a single-wire bus topology, where multiple devices are connected to a single bus or network. This allows for the efficient transfer of data between devices, as all devices on the bus can access and transmit data.

**Message format:** The LIN protocol uses a message format that includes a header, a data field, and a checksum field. This allows for the efficient transfer of data and the detection of errors in the data.

**Error detection and correction:** The LIN protocol includes error detection mechanisms, such as checksum, to ensure that data is transmitted accurately and reliably.

**Voltage levels:** The voltage levels for the LIN protocol in automotive lighting technology typically ranges from 8V to 12V.

**Diagnostics:** The LIN protocol supports basic diagnostic features such as error frames, which are used to identify and diagnose issues with the lighting systems.

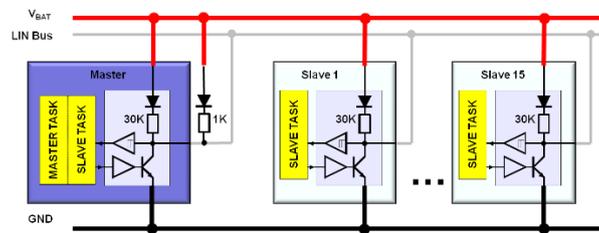


Fig.2. LIN physical layer

## 2.2 CAN Communication Protocol

CAN is a communication protocol that is commonly used in the automotive industry to control and manage various electronic systems in a vehicle, including lighting technology. In automotive lighting technology, the CAN protocol is used to connect various lighting systems, such as headlights, taillights, and turn signals, to the vehicle's main control module. This allows for the centralized control of the lighting systems and enables advanced features such as automatic headlight dimming, adaptive front lighting, and dynamic turn signals.

One of the main advantages of using the CAN protocol for automotive lighting technology is its ability to handle real-time communication. This allows for the quick and efficient control of lighting systems, which is critical for safety-related features such as automatic braking and lane departure warning. The CAN protocol also allows for the integration of multiple lighting systems into a single network, which can help to reduce the number of wires and connections required in a vehicle. This can improve the overall efficiency and reliability of the lighting systems, as well as reducing the complexity of the wiring harness. In addition, the CAN protocol enables the use of advanced diagnostic and troubleshooting tools, which can help to identify and diagnose any issues with the lighting systems.

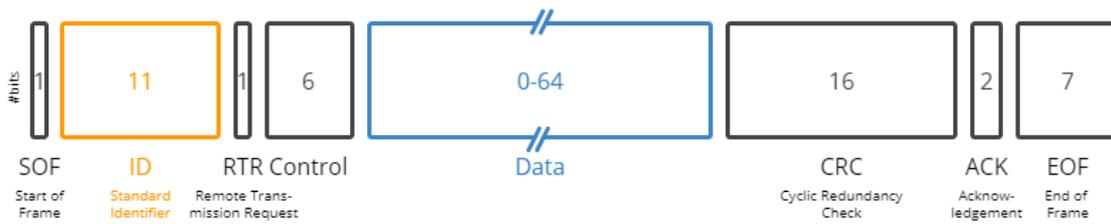


Fig.3. The frame of CAN communication protocol

The technical specifications for using the CAN protocol in automotive lighting technology can vary depending on the specific application and the requirements of the vehicle manufacturer. However, some common technical specifications include:

**Data rate:** The typical data rate for the CAN protocol in automotive lighting technology is around 500 kbps. This allows for the quick and efficient transfer of data between the lighting systems and the main control module.

**Network topology:** The CAN protocol is typically used in a bus topology, where multiple devices are connected to a single network. This allows for the efficient transfer of data between devices, as all devices on the bus can access and transmit data.

**Message format:** The CAN protocol uses a message format that includes an identifier, a data field, and a CRC field. This allows for the efficient transfer of data and the detection of errors in the data.

**Error detection and correction:** The CAN protocol includes error detection and correction mechanisms, such as bit stuffing and CRC, to ensure that data is transmitted accurately and reliably.

**Voltage levels:** The voltage levels for the CAN protocol in automotive lighting technology typically range from 2V to 5V.

**Connector and cable:** The connector and cable used for the CAN protocol in automotive lighting technology are typically designed to withstand the harsh conditions found in vehicles, such as vibration and temperature extremes.

**Diagnostics:** The CAN protocol supports various diagnostic features such as error frames, which are used to identify and diagnose issues with the lighting systems.

In summary, the CAN communication protocol is widely used in the automotive industry to control and manage lighting technology. Its ability to handle real-time communication, integrate multiple lighting systems into a single network, and support advanced diagnostic and troubleshooting tools make it a valuable tool for improving the efficiency, reliability, and safety of automotive lighting systems.

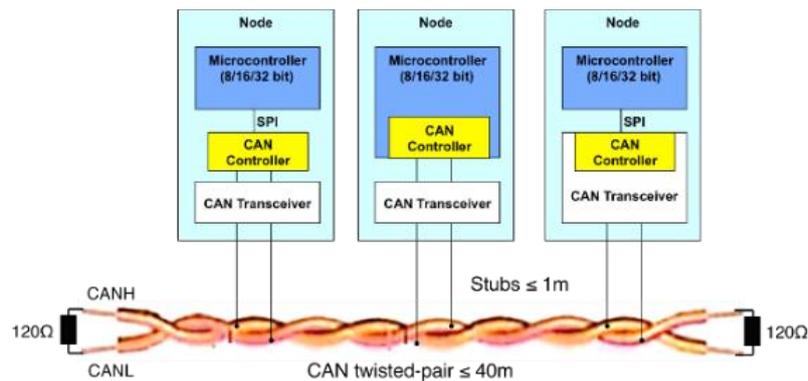


Fig.4. An example of CAN nodes

### 2.3. CAN-FD Communication Protocol

The CAN-FD protocol can be used for communication in the lighting systems of a car. In a vehicle, the lighting system is made up of various components such as headlamps, tail lamps, turn signals, and interior lighting. CAN-FD allows for efficient communication between these lighting components and the ECU. For example, when the driver turns on the headlights, the headlight switch sends a message over the CAN-FD network to the ECU, which then activates the headlights. Similarly, when the driver uses the turn signal, the turn signal switch sends a message to the ECU, which then activates the appropriate turn signal lights.

The technical specifications of the CAN-FD protocol include:

**Data payload:** The maximum data payload that can be transmitted in a single message is 64 bytes, which is an increase from the 8 bytes in the original CAN protocol.

**Data rate:** The maximum data rate is 8 Mbps, which is an increase from the 1 Mbps in the original CAN protocol.

**Message format:** The message format of the CAN-FD protocol includes a 11-bit or 29-bit identifier, a data field, and a cyclic redundancy check (CRC) field. The identifier is used to identify the message, the data field is used to carry the data payload, and the CRC field is used to ensure data integrity.

**Error detection and correction:** The CAN-FD protocol includes error detection and recovery mechanisms such as bit stuffing, bit arbitration, and acknowledgement like a CAN protocol. These mechanisms help to ensure the integrity of the data transmitted over the network.

**Physical layer:** The physical layer of the CAN-FD protocol is based on a differential signaling method, which uses two wires to transmit data. The wires are called the CAN High and the CAN Low, and the voltage difference between them carries the data. The physical layer also includes a termination resistor at each end of the bus to match the characteristic impedance of the bus.

**Network topology:** The CAN-FD protocol can be used in both linear and star topologies. In a linear topology, all devices are connected in a single line, while in a star topology, all devices are connected to a central hub.

**Compatibility:** The CAN-FD protocol is backwards compatible with the original CAN protocol, meaning that devices that support the original CAN protocol can still communicate with devices that support the CAN-FD protocol.

In summary, the CAN-FD protocol can be used for communication in the lighting systems of a car. It allows for efficient communication between the lighting components and the car's main computer, and allows for real-time monitoring and control of the lighting system. This ensures optimal performance and allows for the integration of advanced lighting features such as adaptive headlights, which automatically adjust the beam pattern based on the driving conditions.

#### 2.4. MeLiBu (Melexis Light Bus)

MeLiBu is an innovative communication protocol that enables to complex systems that makes it possible to perform animation applications using LED. MeLiBu allows automotive manufacturers to implement advanced LED lighting while at the same time helping them keep their costs at a minimum level thanks to the low BoM requirement.

In developing this protocol, MeLiBu gathered the advantages of CAN, CAN-FD, LIN applications that are already available and in use. The MeLiBu is based on the CAN-FD protocol and UART communication. Thanks to its extended bandwidth and reduced latency, it can control more than 1000 LEDs simultaneously. The data rate is on 2Mbit per second and is fully compliant with ASIL-B (ISO26262 Part 9) security requirements.



Fig.5. Block diagram

##### 2.4.1. Key Features & Benefits & Differentiations of MeLiBu

- Commander-Responder based system
- High-speed communication based on CAN-FD PHY differential interface
- No licence required.
- Reduces harness
- Provides ISO26262 and ISO11898 standards
- Real time update of >1000 LEDs without any delay in one bus segment
- Driving multiple LEDs (compatible with all LED types) uses only a single IC

- A standard MCU can be used as a Commander for vehicle communication
- CAN-FD over UART communication

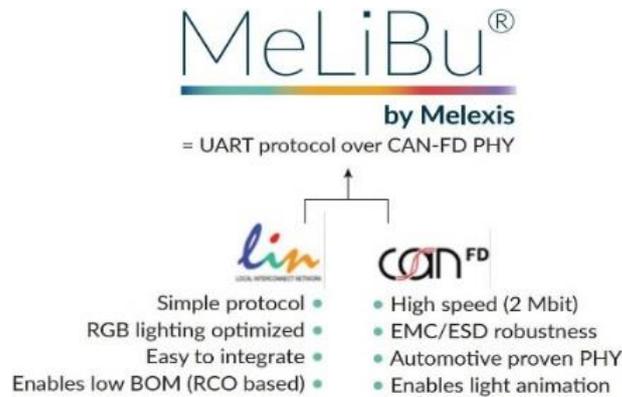


Fig.6. common points of CAN and LIN between MeLiBu

Nowadays, MeLiBu is used by leading manufacturers to improve the safety features for some of the cars (such as driver warning lights, door bike warning). Ambient lighting can communicate with body control unit and the other units, can work with ADAS futures. Lights may communicate with the driver through color coding, color changing, and blinking. Thanks to the MeLiBu communication protocol, the LEDs that communicate separately produce the lighting effects commanded by the vehicle in the light bar. The main challenges in these systems is to ensure consistent color uniformity across all LEDs and guarantee that they all change simultaneously.

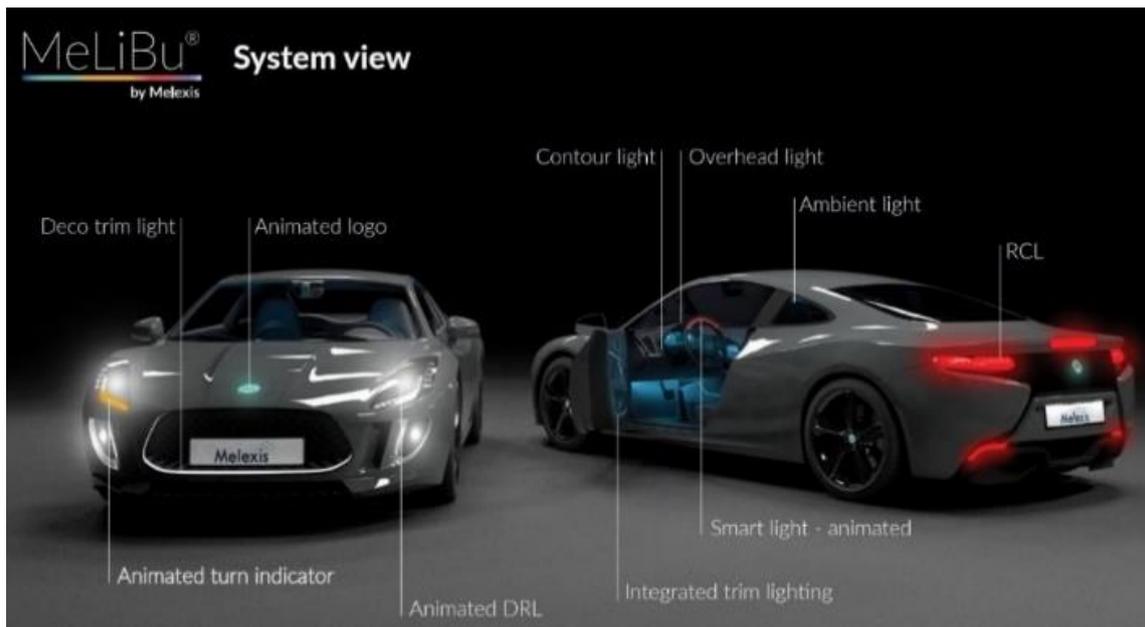


Fig.7. MeLiBu system view

### 2.4.2. Auto-Addressing

For automatic addressing, the AA\_IN pin of the first slave is connected to the VIO pin. For other slaves, the AA\_OUT pin and the AA\_IN pin are connected by the logic of a daisy chain.

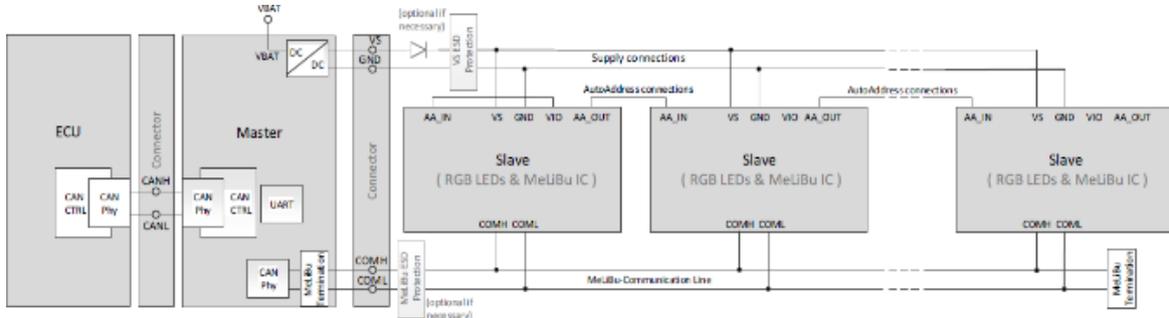


Fig.8. Connection between MeLiBu master and slaves

The AA\_IN pin of the first slave is wired to the VIO pin. The master sends the set NAD command. When the first slave receives this command, it sets AA\_OUT to a high level. The first address will be taken from the slave, which AA\_IN is connected to VIO. For the second address, the AA\_IN pin of the second slave is connected to the AA\_OUT pin of the first slave and its signal is received through this connection. For the third address, the AA\_IN pin of the third slave is connected to the AA-OUT pin of the second slave and its signal is received through this connection. The signal continues to be transmitted to other slaves by this method.

### 2.4.3. MeLiBu Message Frame

The data is transmitted via the MeLiBu Communication Line in fixed format messages of selectable lengths. The data is first fixed to MSB, NRZ, 8N1 format (1 Start bit [low] + 8 data bits [no parity] + 1 Stop bit [high]). The stop bit shall have a minimum length of 1 bit time, but can be longer.

MeLiBu HW block expects the following frame format (ACK is optional):



Fig.9. Message frame

Note: End of frame is not mandatory, next frame can follow immediately.

### 2.4.4. Frame Header

Each message must be initiated by the master, which transmits a header that consists of following subfields:

- Break[>13bit + stop-bit]
- Slave address[6bit]
- R/T[1bit]
- F[1bit]
- Sub Address/Instruction Extension[6bit]
- P1[1bit]
- P0[1bit]

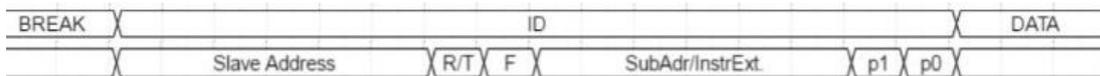


Fig.10. Frame header

## 2.4.5. Frame Format

### 2.4.5.1 Data

The DATA field could contain 0 to 36 bytes, where each byte contains 8 bits (MSB first) plus 1 start bit and 1 stop bit.

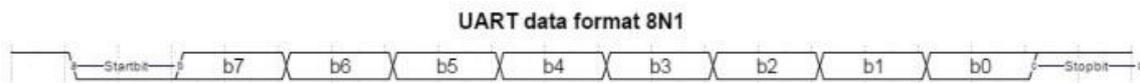


Fig.11. UART data format

### 2.4.5.2 CRC

MCU calculates the CRC value and the MCU sends the DATA. The CRC value is calculated by the Master when M2S message is sending. Slaves will be used the CRC value for checking the stability of the DATA.

### 2.4.5.3 ACK(Optional)

The ACK field is optional and needs to be enabled by the software. ACK is only valid for M2S frames. The ACK field is added by Slaves right after the CRC field and shows the statuses below:

- The frame reception was OK
- The frame reception is FAILED
- The frame does not received by the Slave

#### 2.4.5.4 Data Organization

Data is stored in RAM in 16-bit. Low-byte data is available in RAM-ADDR, and high-byte data is available in RAM-ADDR+1.

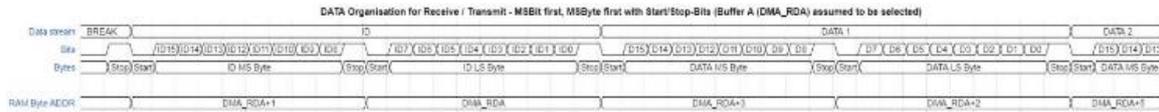


Fig.12. Data organization

### 2.5. SLAVE MESSAGE HANDLING

The Bus Protocol Processing Unit (BPPU) responsible for addressing decoding as well as MeLiBu frame reception/transmission. If a M2S frame is addressed to its NAD, the BPPU treats the frame on a byte-wise and copies the received bytes to the IC's RAM via DMA. The number of bytes within the selected frame is known by BPPU after the two header bytes have been decoded.

After receiving the header and payload bytes plus the two CRC bytes a CRC check takes place and a MFR interrupt is raised by the BPPU at the slave CPU. The processing of the DATA is should be carried out by the slave SW.

If the master expects a S2M frame response, it must be specified in a previous M2S frame and supported by the dependent software. The slave software needs to prepare the response data. This process involves two steps:

1.Step: Preparing response data

2.Step: Setting a DMA Tx pointer (PORT\_DMA\_TX) to the starting address of the response data (Slave SW prepares the data, but cannot initiate the transmission of this response data itself because each transmission must be initiated by the Master. If more than one slave tries to transmit simultaneously using a broadcast address or multiple slaves using the same NAD, a bus collision occurs.)

If the master wants to receive data from a certain slave then it needs to fetch these data by sending a Breakfield plus the two ID header bytes indicating to the slave BPPU that the transmission of a number of bytes is requested from the addressed slave. From the master's point of view it is a Rx frame which starts with the transmission of the Breakfield plus the two ID header bytes. The slave BPPU of older ICs receives and decodes the ID header bytes and immediately starts to send the data which is pointed by the DMA Tx pointer (PORT\_DMA\_TX). Newer Ics could delay the transmission.

The transmission request, the slave address and the requested number of bytes is extracted and the BPPU uses DMA to feed the expected number of bytes out the RAM of the IC to the UART for transmission. If desired, a MFR interrupt can be raised to the CPU.

## 2. CONCLUSION

In recent years, automotive manufactures have turned to using LED lighting system instead of bulbs in their vehicles due to the advantages they provide, aesthetic improvement, lower power consumption and features that provided to visibility and safety. Initially, LED lighting systems started to be used in the fields of exterior lighting, interior lighting systems and simple warning lights. Nowadays, Manufacturers have aimed to take this technology even further, they aimed to achieve a dynamic visual by ensuring that the LEDs in the units work in coordinated manner. But for that happen, there are serious engineering challenges to overcome. Specially, it is necessary to deal with problems such as having enough bandwidth to control a large number of LEDs in the system and keeping the latency between the LEDs to a minimum. In addition, this protocol should be as flexible as possible and allow the application of LED matrix of different sizes and characteristics produced by different suppliers. It shouldn't be in need off make significant changes to the BCM and add harnesses. It must include minimal hardware(low BoM). In summary, MeLiBu can be considered as a solution that automotive manufacturers can use in more complex lighting applications without having to redesign BCM thanks to its fully scalable, highly flexible and fast structure.

<b>Term</b>	<b>Stands For</b>
<b>AA</b>	Auto-Addressing
<b>ACK</b>	Acknowledge
<b>BCM</b>	Body Control Module
<b>BoM</b>	Bill of Materials
<b>BPPU</b>	Bus Protocol Processing Unit
<b>CAN</b>	Controller Area Network
<b>CAN-</b>	Controller Area Network with
<b>FD</b>	Flexible Data
<b>CRC</b>	Cyclic Redundancy Code
<b>DMA</b>	Direct Memory Address
<b>LED</b>	Light-Emitting Diode
<b>M2S</b>	Master to Slave
<b>MCU</b>	Microcontroller Unit
<b>MeLiBu</b>	Melexis Light Bus
<b>MFR</b>	MeLiBu Frame Received
<b>NAD</b>	Node of Adress
<b>NRZ</b>	Non Return to Zero
<b>RAM</b>	Random Access Memory
<b>S2M</b>	Slave to Master
<b>SW</b>	Software
<b>ID</b>	Identifier
<b>VIO</b>	Virtual Input/Output

## References

- [1] “Animated Lighting in Vehicle Design”, Micheal Blender, Electronic Product Desing & Test, November 2021
- [2] ” Product Flyer For Mlx81117”, March 2021
- [3] “Product Flyer For Mlx81116”, March 2021
- [4] “Automotive Melibu® Flyer”, March 2022
- [5] “Application Note Melibu Basics”, Kelvin Berlit, June 2021
- [6] “Melibu Bootloader and Auto-Addressing Description”, R.Frost, K.Berlit, April 2022
- [7] “A CAN Physical Layer Discussion”, Pat Richards, Microchip Technology Inc.
- [8] “Controller Area Network (CAN) Basics”, Keith Pazul, Microchip Technology Inc.
- [9] “LIN Protocol and Physical Layer Requirements”, Eric Hackett, Texas Instruments
- [10] “LIN Switch Slave Node Position Detection”, LIN Consortium, July 2012

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Recombinant Production of Bacterial Endoglycosidase Enzyme

(Aziz Umut Durak, Duygu Erdogan, Hulya Ayar Kayali)

## Recombinant Production of Bacterial Endoglycosidase Enzyme

**Aziz Umut Durak<sup>1,3</sup>, Duygu Erdogan<sup>2,3</sup>, Hulya Ayar Kayali<sup>2,3,4</sup>**

<sup>1</sup>Department of Biotechnology, The Graduate School of Natural and Applied Science, Dokuz Eylul University, 35390 Izmir, Turkey [durak.azizumut@ogr.deu.edu.tr](mailto:durak.azizumut@ogr.deu.edu.tr)

<sup>2</sup>Izmir International Biomedicine and Genome Institute, Dokuz Eylul University, 35340 Izmir, Turkey [duygu.erdogan@ibg.edu.tr](mailto:duygu.erdogan@ibg.edu.tr), [hulya.kayali@ibg.edu.tr](mailto:hulya.kayali@ibg.edu.tr), [hulya.kayali@deu.edu.tr](mailto:hulya.kayali@deu.edu.tr)

<sup>3</sup>Izmir Biomedicine and Genome Center, 35340 Izmir, Turkey

<sup>4</sup>Department of Chemistry, Division of Biochemistry, Faculty of Science, Dokuz Eylul University, 35390 Izmir, Turkey,

---

**Abstract:** Different cellular processes including cell recognition, cell-cell interaction, adhesion, immune response are mostly carried out by cell surface glycan. The change of cell surface glycan is correlated with the development of cancer. An understanding of the main properties and the role of glycans in biological systems, especially in disease and cancer development, can provide to generate more specific and useful therapeutic agents for human health. Glycosyltransferases and glycosidases are the two main enzymes that are used for glycan researches. Endo S is an enzyme which has approximately 108 kDa size. This enzyme is produced by *Streptococcus pyogenes* and shows endo- $\beta$ -N-acetylglucosaminidase activity on Immunoglobulin G (IgG). The potential of Endo S enzyme in the therapeutic studies increases in the last decades. At that point, biotechnology helps to increase the production and yield of the enzyme by using recombinant technology. In this study, recombinant Endo S enzyme has been produced and optimization parameters have been tried to increase the yield of enzyme production. First of all, the plasmid of EndoS transformation into LB (Luria-Bertani) / ampicillin agar was achieved and a single colony was transferred to LB/ ampicillin broth. Then, the plasmid was isolated by using commercially available miniprep kit. The isolated plasmid's DNA was measured in nanodrop and confirmed in agarose gel. Heat shock method with IPTG (Isopropyl  $\beta$ -D-1-thiogalactopyranoside) induction was used for the transformation of the plasmid into *Escherichia coli* BL21(DE3) plysS for enzyme production. Cells pellets were lysed by a sonicator or homogenizer. After lysis and enzyme purification, sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) was performed to visualize the proteins. Purified Endo S was used to hydrolyze glycans in the Fc region of IgGs. The delocalization of Ab was shown on SDS PAGE and by Quadrupole Time-of-Flight (QTOF) Mass Spectrometry. Different lysis buffers, IPTG concentration, carbon, nitrogen, and mineral sources were studied to increase enzyme production efficiency. Lysate image results were compared using the ANOVA test to find the optimal condition for Endo S activity in IgG deglycosylation.

**Anahtar Kelimeler:** Endoglycosidase, Recombinant, Production, Deglycosylated mAb

---

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Atık Gazların İnsineratörde İmhası ve Yanma Analizi ile Sayısal  
Olarak İncelenmesi

(Berkay Dereli, Barış Gürel)

## Atık Gazların İnsineratörde İmhası ve Yanma Analizi ile Sayısal Olarak İncelenmesi

**Berkay Dereli<sup>1</sup>, Barış Gürel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği,  
E-mail: yl2030102499@ogr.sdu.edu.tr

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği,  
E-mail: barisgurel@sdu.edu.tr

**Özet:** Tehlikeli atıkların yakma işlemi ile fırınlarda imhası ve bu yöntemle atıkların kalorifik değerini kullanarak enerji üretilmesi dünyada yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak atık madeni yağlardan, katma değeri yüksek baz yağların üretildiği rafinasyon işleminin yapıldığı fabrikalarda, bu geri dönüştürme işlemi sonrası ortaya çıkan gaz atıklar gözardı edilmektedir. Rafinasyon işlemi sonrası açığa çıkan bu atık gazlar doğaya direkt olarak salınmakta ve doğaya zarar vermektedir.

Bu tez çalışmasında, bir baz yağ rafinerisinde açığa çıkan atık gazın bertarafı için, fırında bu atığın yakılması işlemi üzerinde çalışılmıştır ANSYS Fluent 2022 yazılımı kullanılarak yanma analizleri sayısal olarak incelenmiştir.

Çalışma, atık gazın deneysel olarak elde edilmiş kimyasal içerikleri baz alınarak yürütülmüştür. Bu veriler ışığında oluşturulan sınır şartları ile sayısal analiz yapılmış ve yanmanın modellenmesinin avantajları üzerinde durulmuştur. Bu bileşimler kullanılarak uygun yanma koşullarının sağlanması için gerekli hava miktarı hesaplanmıştır. Yanma için gerekli uygun kalorifik değerlerin sağlanabilmesi için gerekli yakıt miktarı belirlenmiştir. Atığın yanması sonrasında ortaya çıkan gazın bileşimleri teorik olarak hesaplanmıştır. Aynı işlemler ANSYS Fluent 2022 yazılımı üzerinde yapılan sayısal inceleme ile daha hızlı ve güvenilir şekilde gerçeğe yakın olarak elde edilmiştir.

Atık madeni yağların rafine işlemi sonrasında açığa çıkan gaz atıkların çevreye duyarlı bir şekilde doğrudan yakma yöntemi ile fırında imhasının çevre duyarlılığı ve enerji açısından önemi ispat edilmiştir. Ayrıca atık imha sistemleri üretimi yapan firmalarda sayısal olarak sistemin incelenmesinin, birçok değişkenin hızlı ve güvenilir bir şekilde irdelenebilmesi açısından önemi gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** yanma, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, tehlikeli atıklar, atık fırını

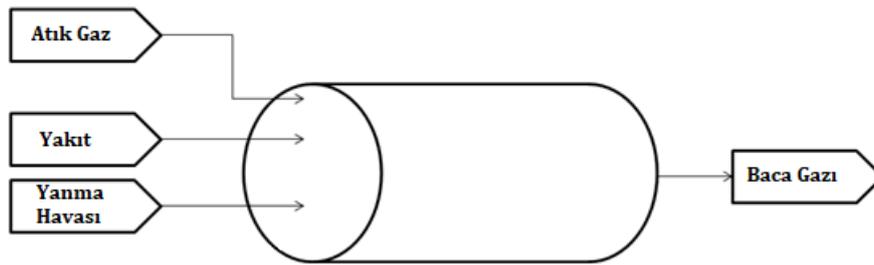
### Giriş

Nüfus artışı, enerji talebi, endüstriyel faaliyetler ve diğer teknolojik gelişmeler kaçınılmaz olarak atık artışına yol açmaktadır. Geleneksel atık toplama, taşıma ve bertaraf yöntemlerinin sağlık sorunlarını ve ekonomik kayıpları önlemede artık yeterli olmadığı iyi bilinmektedir. Atık yönetiminin artırılması, depolanması, bertarafı ve diğer süreçleri için birçok teknoloji geliştirilmiştir. Her yöntemin kendi güçlü ve zayıf yönleri, erişilebilirliği, uygulanabilirliği ve en önemlisi ihtiyaçları karşılama yeteneği vardır. Atıkları bertaraf etmenin en yaygın yolu yakmadır.

Tehlikeli atıklar teknolojik ilerleme ile doğru orantılı olarak artmaktadır. Bunun nedeni, çoğu tehlikeli atığın endüstriyel kaynaklı olmasıdır. Karışık endüstriyel atıklar, tarımsal atıklar, kullanılmış madeni yağlar ve hastane ve laboratuvarlardan çıkan patolojik atıklar tehlikeli atık kaynaklarıdır.

İnsan sağlığını ciddi anlamda tehdit etmesi ve ekolojik dengeyi bozması nedeniyle tehlikeli atıkların bertarafı önemli bir konu haline gelmiştir. Ancak tehlikeli atıkların sınıflandırılmasını standardize etmek ve tanımlamak da zordur, çünkü bu konu kapsamlı bilgi gerektirir. Genel olarak tehlikeli atık, canlı organizmalar, binalar veya çevre üzerinde yangın, patlama, aşındırıcı, toksik veya benzeri istenmeyen etkiler gibi potansiyel bir tehlike oluşturan maddeler olarak tanımlanabilir. Tehlikeli atıklar katı, sıvı, gaz ve çamurdur. Her durumda, öncelikle atığın tehlikesi ve boyutu belirlenmeli ve uygun bertaraf yöntemleri uygulanmalıdır. Atık ayırma ve bertaraf etme yöntemleri ülkeden ülkeye değişir. Bu çeşitliliğin sebepleri ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile ilgili olmakla birlikte ülkelerin sosyal ve politik bakış açılarını da göstermektedir. Gelişmiş ülkeler bu konuyu ciddiye alıp tehlikeli atık yönetimine büyük yatırımlar yaparken, gelişmekte olan ülkelerde mevzuat boşlukları bulunmaktadır.

Bu çalışmada, atık madeni yağlardan yüksek katma değerli baz yağ üretimi sağlayan bir tesis incelenmiştir. Rafinasyon işlemi sonunda yukarıda bahsedildiği gibi ek olarak bazı atıklar kalmaktadır. Tesiste rafinasyon işlemi sonrası arta kalan atık gaz normal şartlarda farklı tesislerde çevreye zarar veren geleneksel yöntemler ile bertaraf edilmektedir. Fakat incelenecek olan tesiste, Şekil 1.'de görüldüğü şekilde, bahsi geçen atıklar, sisteme entegre edilen yakma fırınında yakılarak bertaraf edilmektedir. Yakılan sıvı ve gaz atık, ısı değiştirici vasıtasıyla tesisin ısıtma suyunun enerjisini karşılamakta ve kuru, ıslak filtreleme yöntemleriyle tüm işlemler sonrasında uygun emisyonlarla çevreye salınmaktadır. Araştırmalar neticesinde baz yağ üretimi sağlayan herhangi bir tesiste böyle bir uygulamaya rastlanmamış ve literatürde bu türde bir işlem sonrası açığa çıkan gazların yakılması ve sayısal olarak incelenmesi üzerine yapılmış araştırma bulunmamıştır. Bu tez çalışması ile yapılacak sayısal ve teorik incelemeler, bir benzeri olmayan bu uygulama için bilimsel anlamda da bir farkındalık oluşturacaktır.



Şekil 1. Atık Gaz Yakma Şeması

## Deneysel Çalışma

Yağ rafinerisinde açığa çıkan gazın kimyasal bileşimi lisanslı bir kuruluş tarafından tespit edilmiştir.

Distilasyon ve Hidroişlemci biriminde açığa çıkan atık gaz birçok farklı bileşikten oluşan komplike bir gazdır. İncelenen atık gaz içerisinde hava, su, hidrojen, metan, etan, propan, hidrojen sülfür, hidrojen klorür, amonyak, benzen, etil benzen, toluen, bütan, pentan, hekzan, karbon monoksit ve karbon dioksit tespit edilmiştir.

Atık gazın debisi koryolis tipi debimetre ile ölçülmüş ve 110 kg/h olarak okunmuştur. Sıcaklığı ise 40°C'dir. Açığa çıkan gazın basıncı ise 0,25 bar'dır.

**Tablo 1.** Distilasyon ve Hidroişlemciden Gelen Atık Gazın Deneysel Sonuçları

Karışım Bileşenleri		Mol Oranı, Ni (mol)	Molekül Ağırlığı Mi (g/mol)
Hava	O <sub>2</sub> +3,76N <sub>2</sub>	0,051	28,97
Su	H <sub>2</sub> O	0,020	18,02
Hidrojen	H <sub>2</sub>	0,709	2,02
Metan	CH <sub>4</sub>	0,005	16,05
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,010	30,08
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,012	44,11
Hidrojen Sülfür	H <sub>2</sub> S	0,103	34,09
Hidrojen Klorür	HCl	0,001	36,46
Amonyak	NH <sub>3</sub>	0,008	17,04
Benzen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,002	78,12
Etil Benzen	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,001	106,18
Toluen	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,001	92,15
Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,021	58,14
Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,003	72,17
Hekzan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,004	86,20
Karbon Monoksit	CO	0,004	28,01
Karbon Dioksit	CO <sub>2</sub>	0,043	44,01

## Teori

Bir maddenin termal özellikleri, iç enerji, u, entalpisi, h, özgül ısısı, c<sub>p</sub> gibi niceliklerle tanımlanır. Yakma sistemlerinde birçok farklı gaz ve bileşen imha edilmekte olduğu için bir karışımın termodinamik özellikleri, tüm bileşenlerin sahip olduğu bu niceliklerin bir

kombinasyonundan kaynaklanır. Gazlı karışımlar için ideal gaz yasası varsayılır ve her bir gaz bileşenine ideal gaz ilişkilerinin uygulanmasına izin verilir. Adet olarak n farklı gaz karışımından başlayarak, sistemin toplam kütlesi, m,

$$m = \sum_{i=1}^n m_i \quad (1)$$

burada  $m_i$ , her bir i bileşeninin kütlesidir. Sistemdeki toplam mol sayısı, N,

$$N = \sum_{i=1}^n N_i \quad (2)$$

$N_i$ , her bir i bileşeninin mol sayısıdır. Kütle oranı,  $y_i$  ve mol oranı,  $x_i$ , belirli bir türün nispi miktarını tanımlar. Tanımları şu şekildedir,

$$y_i = \frac{m_i}{m} \text{ ve } x_i = \frac{N_i}{N} \quad (3)$$

Tanım olarak,  $i = 1, 2, 3, \dots, n$

$$\sum_{i=1}^n y_i = 1 \text{ ve } \sum_{i=1}^n x_i = 1 \quad (4)$$

Toplam debisi,  $\dot{m}$ , bilinen gaz ve sıvı atıkların her bir bileşeni için debi hesabı şu şekilde yapılır,

$$\sum_{i=1}^n y_i * \dot{m} = \dot{m}_i \quad (5)$$

Her bir  $i$  bileşenin moleküler kütlelerini gösteren  $M_i$  ile, karışımın ortalama moleküler kütlesi  $M$  şu şekilde belirlenir

$$M = \frac{m}{N} = \frac{\sum_{i=1}^n N_i M_i}{N} = \sum_{i=1}^n x_i M_i \quad (6)$$

Dalton'un "toplam basınçlar kanunu" ve Amagat'ın "ilave hacimler kanunu" ile ideal gaz kanunundan, bir karışımdaki bileşenin mol kesri, o bileşenin kısmi basıncından şu şekilde bulunabilir

$$\frac{P_i}{P} = \frac{V_i}{V} = \frac{N_i}{N} = x_i \quad (7)$$

$P_i$ , her bir  $i$  bileşenin kısmi basıncı,  $P$ , gaz karışımının toplam basıncı,  $V_i$ , her bir  $i$  bileşenin kısmi hacmi ve  $V$ , karışımın toplam hacmidir. Bir karışımın birim kütlesi başına iç enerjisi,  $u$ , bileşenin kütle fraksiyonu ile ağırlıklandırılmış her bir bileşen için birim kütle başına iç enerji toplanarak belirlenir

$$u = \frac{U}{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i u_i}{m} = \sum_{i=1}^n y_i u_i \quad (8)$$

burada  $U$ , karışımın toplam iç enerjisi ve  $u_i$ , her bir bileşenin kütlesi başına iç enerjisidir. Benzer şekilde, karışımın birim kütlesi başına entalpisi ise,

$$h = \sum_{i=1}^n y_i h_i \quad (9)$$

ve karışımın birim kütlesi başına sabit basınçta özgül ısısı,

$$c_p = \sum_{i=1}^n y_i c_{p,i} \quad (10)$$

Termodinamik bir süreç sırasında sabit özgül ısılar varsayıldığında, birim kütle başına her bir bileşenin enerji ve entalpi değişimleri aşağıdaki gibi tanımlanır

$$\Delta u_i = c_{v,i}(T_2 - T_1) \quad (11)$$

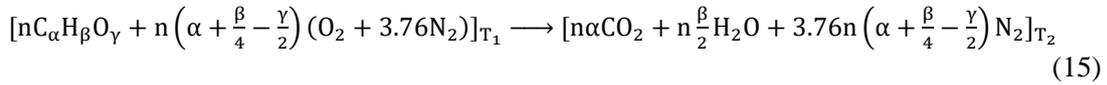
$$\Delta h_i = c_{p,i}(T_2 - T_1) \quad (12)$$

Ancak atık imha fırınlarında sıcaklık değişimi yüksek olduğu için  $T_2$  ve  $T_1$  için özgül ısılar hesaplanacak ve formül şu şekilde olacaktır

$$\Delta u_i = c_{v,i,T_2} * T_2 - c_{v,i,T_1} * T_1 \quad (13)$$

$$\Delta h_i = c_{p,i,T_2} * T_2 - c_{p,i,T_1} * T_1 \quad (14)$$

Bir atık yakma fırınında, atıkların tamamen yakılması için ne kadar yakıt ve hava gereksinimi olduğunun belirlenmesi gerekir. Genel bir hidrokarbon bileşimi olan  $C_\alpha H_\beta O_\gamma$  için hava ile yanma stokiyometrisi şu şekilde ifade edilebilir



Tam yanma koşulları altında bu denklem kullanılarak veya genel denklik sağlanarak hava ihtiyacı ayrı ayrı hesaplanır. Bu sayede atıkların tamamen yanması için beslenmesi gereken hava girdisi hesaplanmış olur.

Bir tepkimenin entalpisini hesaplamak istersek ürünlerin entalpisini ile girenlerin entalpisini arasındaki farkı bulmak gerekir. Örneğin yukarıdaki denklem için

$$\Delta h = H_{\text{Ürünler}} - H_{\text{Girenler}} \quad [kJ] \quad (16)$$

$$\Delta h = n\alpha * c_{p,CO_2} * T_2 + n\frac{\beta}{2} * c_{p,H_2O} * T_2 + 3.76n \left( \alpha + \frac{\beta}{4} - \frac{\gamma}{2} \right) * c_{p,N_2} * T_2 - n * c_{p,C_\alpha H_\beta O_\gamma} * T_1 - n \left( \alpha + \frac{\beta}{4} - \frac{\gamma}{2} \right) c_{p,O_2+3.76N_2} * T_1 \quad [kJ] \quad (17)$$

denklemleri kullanılmalıdır. Bu sayede  $T_1$  sıcaklığından  $T_2$  sıcaklığına geçerken bileşiğin kimyasal reaksiyonunun entalpisi hesaplanmış olur.

Kinetik ve potansiyel enerjilerin ihmal edilmesi sebebiyle iç enerji değişim etkisi uygulanmayacaktır. Bu durumda,

$$\Delta h_i = \Delta u_i + W = W \quad (18)$$

olacaktır.

Gaz karışımının yoğunluğu ise  $\rho$  ( $kg/m^3$ ) yoğunluk,  $P$ (Pa) basınç,  $M$ (g/mol) molekül ağırlığı,  $R$  (8,314 J/mol.K) gaz sabiti,  $T$  (K) sıcaklık olmak üzere,

$$\rho = \frac{PM}{RT} = \frac{P}{RT} * \left( \frac{m_i + m_{i+1} + m_{i+3} \dots + \dots m_n}{n_i + n_{i+1} + n_{i+3} \dots + \dots n_n} \right) \quad (19)$$

ile hesaplanır.

Sabit basınç altında özgül ısıların teorik olarak hesaplanması için türetilen bir çok korelasyon bulunmaktadır. Bu tezde, R. L. Rowley, W. V. Wilding, J. L. Oscarson, Y. Yang, N. A. Zundel, T. E. Daubert, R. P. Danner tarafından 2007'de geliştirilen güncel korelasyonlar kullanılmıştır.

**Tablo 2.** Distilasyon ve Hidroişlemciden Gelen Atık Gaz

i	Karışım Bileşenleri	
	Distilasyon ve Hidroişlemciden Gelen Gaz	
1	Hava	O <sub>2</sub> +3,76N <sub>2</sub>
2	Su	H <sub>2</sub> O
3	Hidrojen	H <sub>2</sub>
4	Metan	CH <sub>4</sub>
5	Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>
6	Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>
7	Hidrojen Sülfür	H <sub>2</sub> S
8	Hidrojen Klorür	HCl
9	Amonyak	NH <sub>3</sub>
10	Benzen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>
11	Etil Benzen	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>
12	Toluen	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>
13	Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>
14	Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>
15	Hekzan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>
16	Karbon Monoksit	CO
17	Karbon Dioksit	CO <sub>2</sub>

Tablo-2'de bahsedilen atık gazın karışım bileşenleri için ve ek olarak bu bileşenlerin yanması sonucu oluşan Nitrojen (N<sub>2</sub>), Sülfür Dioksit (SO<sub>2</sub>) ve Klor (Cl<sub>2</sub>) için ideal gaz varsayımı ile

$$c_p = C1 + C2 \left[ \frac{c3/T}{\sinh(c3/T)} \right]^2 + C4 \left[ \frac{c5/T}{\cosh(c5/T)} \right]^2 \quad (20)$$

denklemini temel alınmıştır. (R. L. Rowley, W. V. Wilding, J. L. Oscarson, Y. Yang, N. A. Zundel, T. E. Daubert, R. P. Dan ner, DIPPR® Data Compilation of Pure Chemical Properties, Design Institute for Physical Properties, pg. 2-181, AIChE, New York (2007)).

Hava Yakıt Oranı (HYO) ile 1 kg yakıt için sisteme ilave edilmesi gereken kg hava miktarı hesaplanabilir. Yakıt için yanma denklıkları kullanılarak HYO,

$$HYO = \frac{m_{hava}}{m_{yakıt}} = \frac{N_{hava} * M_{hava}}{N_{yakıt} * M_{yakıt}} \quad (21)$$

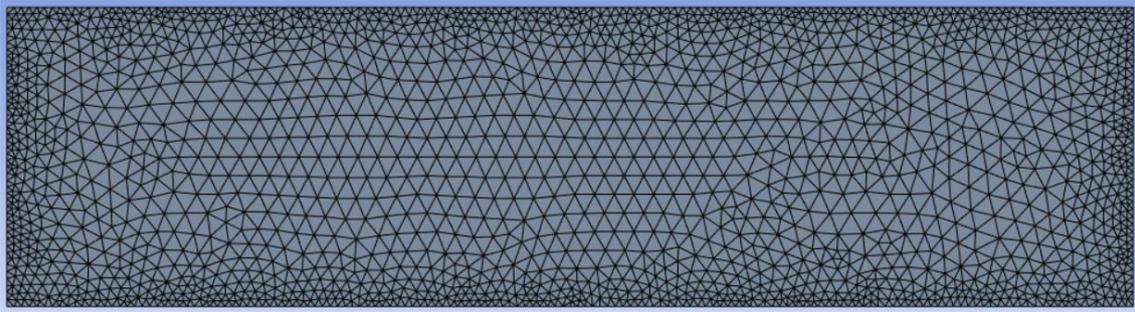
bu şekilde hesaplanır. Yakıt karışım halinde n adet bileşikten oluşuyorsa,

$$HYO = \frac{m_{hava}}{m_{yakıt}} = \frac{N_{hava} * M_{hava}}{N_{yakıt} * M_{yakıt}} = \frac{N_{hava,1} * M_{hava} + N_{hava,2} * M_{hava} + N_{hava,n} * M_{hava}}{N_{yakıt,1} * M_{yakıt,1} + N_{yakıt,2} * M_{yakıt,2} + N_{yakıt,n} * M_{yakıt,n}} \quad (22)$$

### Sayısal İnceleme

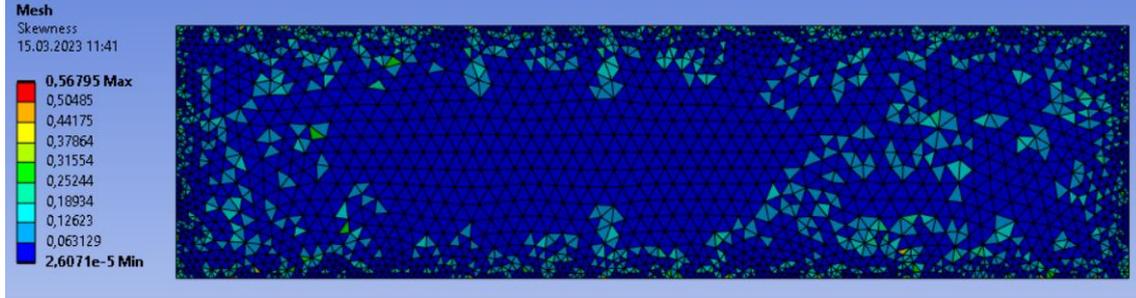
Mevcut fırın içerisinde tesisten çıkan birçok atık yakılmaktadır. Bu sebeple fırın boyutlandırması tüm atıkların imha edilebileceği şekilde yapılmıştır. Fırın 1,6 metre çapta, 6 metre uzunluğunda silindirik ve sabit yapıdadır.

Sayısal inceleme, mesh yapısı üçgen olacak şekilde ve duvar yakınlarında ince mesh uygulanarak yapılmıştır.



Şekil 1. Atık Yakma Fırını Mesh Yapısı

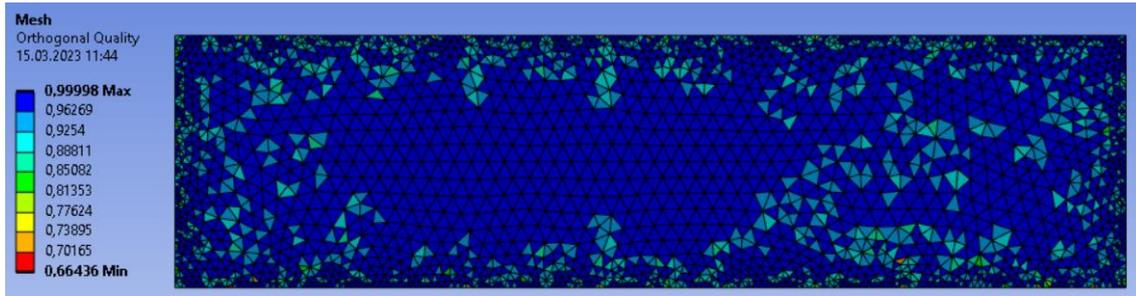
Ansys User Guide içerisinde mesh kalitesini ölçmek için bazı kıstaslar vardır. Skewness değerinin 0-0,25 arasında olması durumu "Excellent", 0,25-0,50 arasında olması durumu "Very Good", 0,50-0,80 arasında olması durumu "Good", 0,80-0,94 arasında olması durumu "Acceptable" ve 0,95-0,97 arasında olması durumu "Bad" ve 0,98-1,00 arasında olması durumu ise "Unacceptable" olarak bildirilmiştir.



Şekil 2. Atık Yakma Fırını Mesh Skewness Kalitesi

Şekil 2.'de görüleceği üzere Skewness değeri maksimum 0,57 çıkmıştır ve "Good" kategorisine denk gelmektedir. Bu durumda Skewness kalite şartını sağlamış olup Orthogonal kalitesine bakmamız gerekir.

Orthogonal kalitesinin ise 0-0,001 arasında olması durumu "Unacceptable", 0,001-0,14 arasında olması durumu "Bad", 0,15-0,20 arasında olması durumu "Acceptable", 0,20-0,69 arasında olması durumu "Good", 0,70-0,95 arasında olması durumu "Very Good" ve 0,95-1,00 arasında olması durumu "Excellent" olarak ifade edilmektedir.



Şekil 3. Atık Yakma Fırını Mesh Orthogonal Kalitesi

Şekil 3.'te görüleceği üzere minimum değer 0,67'de "Good" kategorisine ve maksimumda 0,99 ile "Excellent" kategorisine girilmektedir. Bu durumda mesh kalitesi sınanmış ve başarılı olmuştur.

### Sınır Şartları

Adyabatik duvar sınıl koşulları altında her bir bileşenin tam yandığı senaryo incelenmiştir. Atık gaz 313 K sıcaklıkta ve 25000 Pa basınçta olacaktır. Yakıt ise 293 K sıcaklıkta ve 30000 Pa basınçta beslenecektir. Mol, ağırlıkça oranlar ve debiler de Tablo 3. ve Tablo 4.'te gösterilmiştir.

Türbülans modeli olarak Standart k-omega modeli seçilmiştir. "Species Transport" yöntemi ile tüm yanma reaksiyonları tanımlanmıştır.

**Tablo 3.** Atık Gaz Giriş Sınır Şartları

i	Karışım Bileşenleri		Mol Oranı, Ni (mol)	Molekül Ağırlığı, Mi (g/mol)	Karışımdaki Molekül Ağırlığı, mi (g)	Ağırlıkça Oran, yi	Debi (kg/sa)	Sıcaklık (K)	Basınç (Pa)
	Atık Gaz								
1	Hava	O <sub>2</sub> +3,76N <sub>2</sub>	0,051	28,97	1,477	0,122	13,452	313	25000
2	Su	H <sub>2</sub> O	0,020	18,02	0,368	0,030	3,354		
3	Hidrojen	H <sub>2</sub>	0,709	2,02	1,431	0,119	13,036		
4	Metan	CH <sub>4</sub>	0,005	16,05	0,085	0,007	0,770		
5	Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,010	30,08	0,310	0,026	2,827		
6	Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,012	44,11	0,544	0,045	4,952		
7	Hidrojen Sülfür	H <sub>2</sub> S	0,103	34,09	3,521	0,292	32,075		
8	Hidrojen Klorür	HCl	0,001	36,46	0,044	0,004	0,404		
9	Amonyak	NH <sub>3</sub>	0,008	17,04	0,141	0,012	1,286		
10	Benzen	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,002	78,12	0,162	0,013	1,472		
11	Etil Benzen	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	0,001	106,18	0,084	0,007	0,766		
12	Toluen	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub>	0,001	92,15	0,093	0,008	0,844		
13	Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,021	58,14	1,241	0,103	11,302		
14	Pentan	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,003	72,17	0,230	0,019	2,094		
15	Hekzan	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	0,004	86,2	0,348	0,029	3,168		
16	Karbon Monoksit	CO	0,004	28,01	0,119	0,010	1,086		
17	Karbon Dioksit	CO <sub>2</sub>	0,043	44,01	1,879	0,156	17,112		
<b>TOPLAM</b>			N=1,000		m=12,077		110,000		

**Tablo 4.** Yakıt(Doğalgaz) Giriş Sınır Şartları

Yakıt Bileşenleri		Mol Oranı, Ni (mol)	Molekül Ağırlığı, mi (g/mol)	Karışımdaki Molekül Ağırlığı, mi (g)	Ağırlıkça Oran, yi	Debi (kg/sa)	Sıcaklık (K)	Basınç (Pa)
Metan	CH <sub>4</sub>	0,88	16,05	14,124	0,755	25,281	293	30000
Etan	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,07	30,08	2,106	0,113	3,769		
Propan	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,03	44,11	1,323	0,071	2,369		
Bütan	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	0,02	58,14	1,163	0,062	2,081		
<b>TOPLAM</b>		N=1,000		m=18,716		33,500		

Çıkış şartı olarak sisteme gösterge(Gauge) basıncı 0 (sıfır) tanımlanmıştır ve operasyonel basınç 101325 Pa alınmıştır.

Çözüm tipi olarak basınç tabanlı(pressure-based) metot kabul edilmiştir. Yapılan çalışma 2(iki) boyutlu çalışılmış olup, zamandan bağımsız olduğu için "steady-state" olarak devam edilmiştir.

Atıkların yanması için 1077,479 kg/sa ve yakıtın yanması için 564 kg/sa olarak hesaplanan hava ihtiyacı da sistem girişine beslenmiştir.

## Sonuçlar

Sonuçlar yakıtın ve atıkların fırın içerisinde teoriye uygun olarak tamamen yandığını göstermiştir. Örnek sonuçlar Şekil 4'ten Şekil 11.'e kadar gösterilmiştir.

**Şekil 4.** Metan'ın Tam Yanması



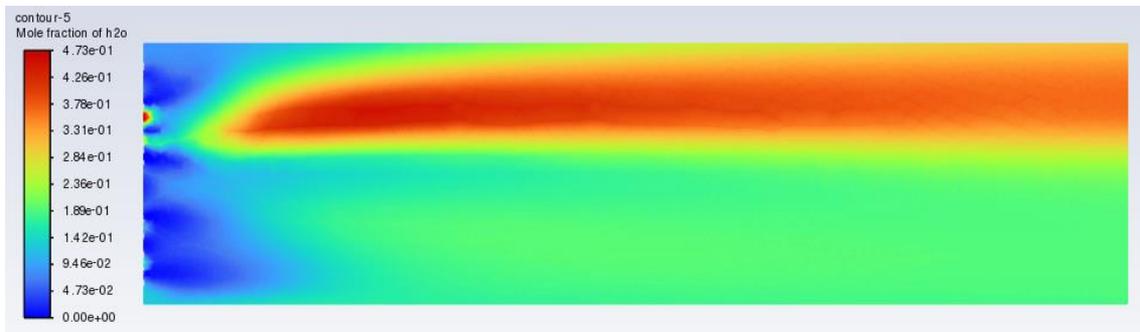
Şekil 5. Etan'ın Tam Yanması



Şekil 6. Propan'ın Tam Yanması



Şekil 7. Bütan'ın Tam Yanması



Şekil 8. Oluşan Su Buharı



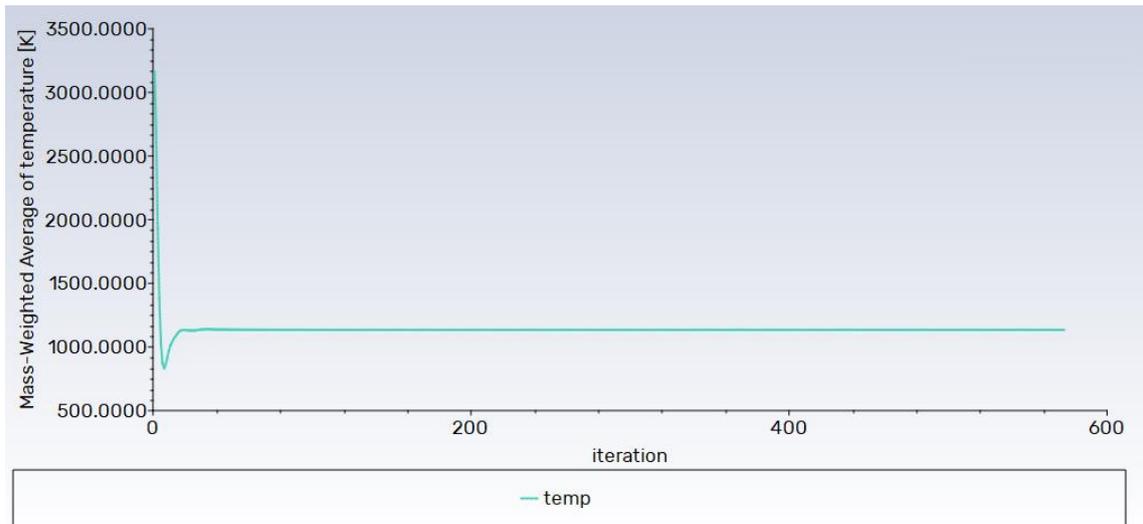
Şekil 9. Hekzan'ın Tam Yanması



Şekil 10. Karbon Monoksit'in Tam Yanması

Yapılan teorik çalışmada yanma sonrası sıcaklıklar 1123 K olarak varsayılmış ve tüm hesaplar buna göre yapılmıştır.

Sayısal çalışmada ise ortalama sıcaklık 1133,915 K olarak sonuçlanmıştır.



Şekil 11. Yakınsayan Ortalama Sıcaklık Değeri (1133,915 K)

Sıcaklık olarak sayısal analiz ve teorik hesap arasında ki fark teoriye kıyasla %0,97 olarak gözlemlenmiştir. Atık yakma fırınlarında sıcaklık çok önemlidir ve yönetmelik şartı olan 850°C(1123 K) ile 1100°C(1373 K) arasında kalmayı sağlamalıdır. Sonuçlar teorik olarak elde edilen veriler ile sayısal analiz verilerinin tutarlı olduğunu göstermektedir. Sayısal analiz ile aynı zamanda atık türlerinin fırının hangi noktasında yanacağını görebilmekteyiz. Bu sayede atık davranışı, fırın boyutu gibi kavramlar konusunda ön bilgi sahibi olabilmekteyiz.

Yapılan çalışma, bu tarz problemlerin hızlı ve güvenilir olarak çözülebileceğini göstermiştir. Atık yakma sektöründe sayısal çalışma yapmanın önemi de gözler önüne serilmiştir.

### Kaynaklar

- Güneş Gürdal, E. (2021). Atık Madeni Yağlar ve Yağlı Atıksu Arıtma Yöntemlerine Dair Bir Araştırma . Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi , 10 (2) , 73-84
- Adewale, P., Dumont, M.J., Ngadi, M., (2015). Recent trends of biodiesel production from animal fat wastes and associated production techniques. *Renew Sustain Energy Rev.*, 45, 574-588.
- Brunner, C.R., 1991. *Handbook of Incineration Systems*, Mc Graw-Hill, Inc., New York
- Specht, E., Shi, Y.C., Woche, H., Knabbe, J. ve Sprinz, U., "Experimental investigation of solid bed depth at the discharge end of rotary kilns", *Powder Technology*, Vol 197, 17-24, 2010
- Sonavane, Y., Specht, E., "Numerical analysis of the heat transfer in the wall of rotary kiln using finite element method ANSYS", *Seventh International Conference on CFD in the Minerals and Process Industries*, CSIRO, Melbourne, Australia, 9-11 December 2009
- Engin, T. "Çimento Fabrikalarındaki döner fırın sistemlerinin ısıl analizi", *1. Makina Mühendisliği Kongresi, İ.T.Ü Makine Fakültesi, İstanbul*, 29-35, 4-6 Haziran 1997
- Caputo, C.A., Pelagagge, M.P. ve Salini P., "Performance modeling of radiant heat recovery exchangers for rotary kilns", *Applied Thermal Engineering*, Vol 31, 2578-2589, 2011
- Holman, J.P., *Heat Transfer*, 10th ed, McGraw Hill Company, NY, 2010
- Cheremisinoff, P.N., 1992. *Waste Incineration Handbook*, Butterworth-Heinemann, Oxford
- Kolaczowski, S.T. and Crittenden B.D., 1988. *Management of Hazardous and Toxic Waste in the Process Industries*, Elsevier Applied Science, London
- Berkay E.A., 2000 *Zararlı Atıkların Yönetiminde Yakma Prosesi*, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Christensen, T. H., 2011. Introduction to waste management. In: Christensen, T. H. (Ed.), *Solid Waste Technology & Management*. Blackwell Publishing Ltd, pp. 2-16

- Ünal, E., Duygulu, F. ve Bolat, E. Z., 1998. İmar Terimleri. Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü: 288, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi: 3, Kentsel Hizmetler Dizisi: 3, Yorum Matbaası, Ankara
- Shekdar, A. V., 2009. Sustainable solid waste management: An integrated approach for Asian countries. *Waste Management*, 29: 1438-1448
- Anand, S., 2010. *Solid Waste Management*. Mittal Publications, New Delhi, India
- Armağan, B., Demir, İ., Demir, Ö. ve Gök, N., 2006. Katı Atıkların Ekonomide Değerlendirilmesi. İstanbul Ticaret Odası Yayınları (Yayın No: 2006-23), İstanbul
- Yılmaz, A. ve Bozkurt, Y., 2010. Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (KÜKAB) örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(1): 11-28
- Badran, M. F. and El-Haggar, S. M., 2006. Optimization of municipal solid waste management in Port Said Egypt. *Waste Management*, 26: 534-545
- McDougall, F. R., White, P. R., Franke, M. and Hindle, P., 2001. *Integrated Solid Waste Management: A Life Cycle Inventory*. Second Edition, Blackwell Science, United Kingdom, Oxford
- Curran, T. and Williams, I.D., 2012. A zero waste vision for industrial networks in Europe. *Journal of Hazardous Materials*, (207-208), 3-7
- Uz Zaman, A. and Lehmann, S., 2013. The zero waste index: a performance measurement tool for waste management in a ‘zero waste city’. *Journal of Cleaner Production*, 50: 123-132
- Young, C., Ni, S. and Fan, K., 2010. Working towards a zero waste environment in Taiwan. *Waste Management & Research*, 28: 236-244
- Uz Zaman, A., 2014. Identification of key assessment indicators of the zero waste management systems. *Ecological Indicators*, 36: 82-693
- Aybastier, Ö., 2010. Bitkisel Atık Yağların Karakterizasyonu ve Biyodizel Üretiminde Değerlendirilmesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Uludağ Üniversitesi. Bursa
- Karadirek, İ.E. 2008. Bitkisel Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Akdeniz Üniversitesi
- R. L. Rowley, W. V. Wilding, J. L. Oscarson, Y. Yang, N. A. Zundel, T. E. Daubert, R. P. Dan ner, DIPPR® Data Compilation of Pure Chemical Properties, Design Institute for Physical Properties, AIChE, New York (2007)
- Çadırcı S., 2004. Doğalgaz Yanma Mekanizmasının İncelenmesi, İTÜ, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Uyumundaki  
Performansının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Zaman Serisi  
Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi ve Gelecek Tahmini Yapılması

(Can Gülayın, Özgür Kabak)

## Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Uyumundaki Performansının Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Zaman Serisi Analizi Kullanılarak Değerlendirilmesi ve Gelecek Tahmini Yapılması

Can Gülayın<sup>1</sup>, Özgür Kabak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mühendislik Yönetimi Bölümü, İstanbul,  
E-mail: gulayin15@itu.edu.tr

<sup>2</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul,  
E-mail: kabak@itu.edu.tr

**Özet:** Sürdürülebilir kalkınma son zamanlarda tüm dünya için önemli küresel bir konu haline gelmiştir ve önemi gün geçtikçe artmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma, çevrenin korunmasını sağlarken aynı zamanda mevcut ve gelecek nesillere ekonomik kalkınma, sosyal kalkınma ve refah sağlamaya odaklanmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir kalkınmanın birbiriyle ilişkili üç kavramı sosyal sürdürülebilirlik, ekonomik sürdürülebilirlik ve çevresel sürdürülebilirlik. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için her eylem veya kararda doğal, beşeri ve ekonomik sermayenin tümünün dikkate alınması gerektiği anlaşılmaktadır. Dünyayı daha sürdürülebilir bir yaşam alanına çevirebilmek için çeşitli amaçlar ve hedefler belirlenmiştir. 2015 yılında Birleşmiş Milletler tarafından belirlenen Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları ile dünyanın yüzleştiği ekonomik, sosyal ve çevresel sorunlarla mücadele etmek ve sürdürülebilirlik adına farkındalık oluşturmak hedeflenmektedir. Çalışmada Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarının, 2000-2015 yılları arasında geçerli olan Binyıl Kalkınma Amaçlarından farklarına ve zaman içinde amaçların nasıl bir dönüşüm yaşadığına da değinilmiştir. 2030 yılına kadar, daha sürdürülebilir bir dünya yaratmanın bir yolu olarak insanlık, refah, gezegen, ortaklık ve barış konularında planlı stratejilerin üstlenilmesi ve uygulanması gerekmektedir. Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları insan gelişimi, sosyal gelişim ve çevresel gelişimin amaçlarını entegre ederek bir çatı altında toplayan 17 amaç, 169 hedef ve 232 indikatörden oluşan bir yapıdır. Ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına uyum göstermesi ülkelerin hem bugünkü hem de gelecekteki kuşaklarının kalkınması için oldukça önemlidir. Fazla sayıda amaç, hedef ve kriter bulunduğundan dolayı ülkeleri Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına uyum performansı bakımından analiz edebilmek için çok kriterli karar verme tekniklerinden faydalanılabilir. Bu çalışmanın amacı ülkelerin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına uyumundaki performansını 2015-2022 yılları arasındaki mevcut verileri kullanarak çok kriterli karar verme yöntemleriyle analiz etmek ve ülkelerin 2023-2030 yılları arasındaki performanslarını çeşitli zaman serisi analizleri kullanarak tahmin etmektir. Çok kriterli karar verme uygulaması kapsamında ülkelerin değerlendirileceği kriter önem ağırlıklarını belirleyebilmek ve ülkelerin uyum performanslarını bu kriterlere göre analiz ederek çözüme ulaşabilmek amacı ile Sıralı Ağırlıklı Ortalama (SAO) yönteminden yararlanılmıştır. SAO tekniğinde bulanık mantık kapsamında tutarlılığın azalması riski göz önünde bulundurularak, ülkelerin farklı kriter önem ağırlıkları karşısındaki olası performansları analiz edilebilmektedir. Ülkelerin geçmiş yıllara ait kriterler bazında hesaplanan verilerine ulaşmak için Birleşmiş Milletler'in oluşturduğu veri tabanı kullanılmıştır. Çalışmaya veri tabanında bulunan 261 adet ülke dahil edilmiştir. Ülkelere ait bazı kriterler için eksik veri olması durumunda çeşitli eksik veri çözüm yöntemleri kullanılarak eksik verilerin uygun biçimde yönetilmesi sağlanmıştır. Ülkelerin gelecek yıllardaki performanslarını analiz etmek için ise geçmiş yılların verileri kullanılarak her ülke için uygun klasik zaman serisi analiz yöntemi (hareketli ortalama yöntemi, basit üstel düzeltme yöntemi, Brown'ın bir parametrelili üstel düzeltme yöntemi, Brown'ın ikinci dereceden üstel

*düzeltilme yöntemi, Holt'un iki parametrelili üstel düzeltilme yöntemi, ayırıştırma yöntemleri, regresyon analizi, S-eğrisi analizi, çeşitli trend analizleri vb.) seçilerek gelecek yılların tahmini performans verilerine ülkeler bazında ulaşılmıştır. Bu çalışma sonucunda Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına uyumdaki performanslarında geçmiş ve gelecek yıllara göre en iyi ve en kötü durumda olan ülkeler belirlenerek çeşitli öneri ve stratejiler sunulmuştur.*

**Anahtar Kelimeler:** *sürdürülebilir kalkınma amaçları, çok kriterli karar verme, sıralı ağırlıklı ortalama, zaman serisi analizleri*

---

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Investigation of the Effect of Navel Type on Selected Yarn  
Properties in Rotor Yarn Production of Cotton-Polyester Blend

(Deniz Mutlu Ala, Mehmet Şahin)

## Investigation of the Effect of Navel Type on Selected Yarn Properties in Rotor Yarn Production of Cotton-Polyester Blend

Deniz Mutlu Ala<sup>1</sup>, Mehmet Şahin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cukurova University, Adana Organized Industrial Zone Vocational School of Technical Sciences,  
Adana, Turkiye,

E-mail: dmala@cu.edu.tr

<sup>2</sup>Harran University, Organized Industrial Zone Vocational School, Şanlıurfa, Turkiye,

E-mail: mehmetshahin@harran.edu.tr

---

**Abstract:** In this study, yarns have been produced in Open-End Rotor spinning system by using 2 different navels produced by Belcoro company, KSK 6-A and KS. Using two different navels on the spinning machine, Ne 30/1 50:50 Cotton/Polyester yarns were produced with 312 drafts at a twist level of 950 TPM with a rotor speed of 105,000 rpm. Uster tests were carried out to determine unevenness and defect values of yarns and strength tests were applied to determine yarn breaking strength. The effect of navel type on yarn quality was investigated. Analysis of the test results showed that the values of unevenness (CV<sub>m</sub>), thin place (-50%/km), thick place (+50%/km) and neps (+280%/km) of the yarns are lower when produced using KS navels compared to the yarns produced with KSK 6-A navels. It was also observed that the breaking strength values of the yarns made with these two different navels did not significantly differ from one another.

**Key Words:** Open-End Yarn, Navel, Yarn Evenness, Strength

---

### Introduction

The quality parameters of the yarn are very important in yarn production since they have significant effects on the quality of the fabric. In open-end (OE) rotor spinning system yarn quality properties are affected mainly from the characteristics of raw material, the preparation processes and the machine parts (opening-roller, rotor, navel etc.) used (Buharalı and Ömeroğlu, 2013). After the fibre bundle is formed in the rotor, it is withdrawn through some elements of the spinbox. One of the most crucial components that affects the properties of the yarn is the navel, which is located in the spinbox and directs the freshly formed yarn out of the fiber spinbox. (Yapıcılar, 2005).

Kaplan et al. (2006); in order to select the best navel for Ne 12 OE yarn for denim fabric, produced Ne 12 OE rotor yarns using ten different navels and analyzed the quality parameters of the yarns with Electra III. Çoruh and Çelik (2012); carried out the cost analysis of raw single jersey fabrics knitted in five different loop lengths from Ne 30/1 OE rotor yarns which were manufactured by different nozzle types using 100% cotton of Urfa region, Turkey. Ayan and Sabır (2013); investigated the influence of production line, rotor diameter and navel on the yarn properties produced in the OE rotor spinning system. They observed positive effect on all the quality values of the yarn spun by using spiral navel as the yarn was exposed to less friction in spiral-form navels. Yigit (2020); investigated the effects of material and spinning parameters (yarn count, twist coefficient and navel type) on the yarn quality characteristics such as yarn

evenness, IPI defects, hairiness, strength, breaking elongation and total quality index of OE rotor yarns spun from recycled acrylic fibre, recycled cotton fibre, virgin polyester fibre and blends.

Due to increase in cotton prices in recent years, fabric manufacturers have increased their demands for cotton/polyester blended OE yarns rather than 100 percent cotton yarns in an effort to cut costs. In this study, Ne 30/1 50:50 Cotton/Polyester yarns were spun on the 2007 model R40 OE Rotor spinning machine of Rieter company by using 2 different navels (KSK 6-A and KS) produced by Belcoro company. Uster tests were carried out to determine unevenness and defect values of yarns and strength tests were applied to determine yarn breaking strength. The effects of navel type on cotton/polyester blended yarn properties was investigated.

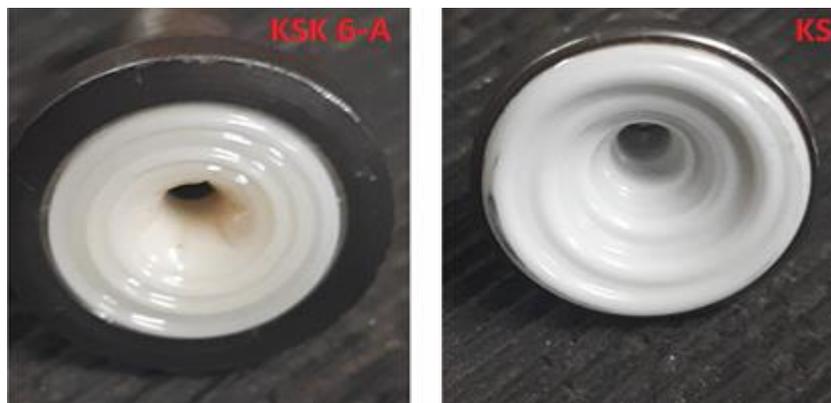
### Materials and Method

In this study, cotton fibers having 29.17 mm mean fibre length and 4.62 micronaire fineness and polyester fibers having 30 mm mean fibre length and 1.3 dtex fineness were used. The fibers were spun into rotor yarns on a Rieter R40 OE Rotor spinning machine of Rieter company. Ne 30/1 50:50% Cotton/Polyester blended yarns were produced with 2 different navels produced by Belcoro company, KSK 6-A and KS. Spinning conditions and machine settings of the OE Rotor spinning machine used in this study with both navel types are given in Table 1.

**Table 2.** Spinning conditions and machine settings

Rotor Speed (rpm)	105.000
Rotor Diameter (mm)	33
Opening-Roller Speed (rpm)	9000
Sliver Count (Ne)	0,100
Draft	312
Twist (TPM)	950

KSK 6-A navel is the ceramic spiral navel with 6 groves and is generally preferred by the manufacturers in cotton-polyester blended yarn production. KS navel is the ceramic spiral navel and is generally preferred by the manufacturers in the production of 100% cotton yarn (Figure 1).



**Figure 1.** KSK 6-A (spiral + 6 groves) and KS (spiral) navels used in the study

Uster tests were carried out to determine unevenness and defect values of the yarns and strength tests were applied to determine yarn breaking strength. To determine unevenness and defect values an Uster Tester 5 was used. For each type of navel, five bobbins were tested. To determine yarn breaking strength an Uster Tensorapid 4 tester was used and for each type of navel five bobbins were tested.

## Results and Discussion

In this study, the effects of two different navel types, KSK 6-A and KS, on the unevenness, yarn defect and breaking strength properties of Ne 30/1 50:50% Cotton/Polyester yarns produced on OE Rotor spinning machine, were investigated. The values of unevenness (CVm), thin places (-50%/km), thick places (+50%/km), neps (+280%/km) and breaking strength (gf) are given in Table 2.

**Table 2.** Test results of yarn properties

<b>Navel Types</b>	<b>%U</b>	<b>%CVm</b>	<b>Thin Places (-50%/km)</b>	<b>Thick Places (+50%/km)</b>	<b>Neps (+280%/km)</b>	<b>Breaking Strength (gf)</b>
KSK 6-A	13,15	16,70	66,3	215,0	892,5	222,6
KS	12,11	15,46	26,3	143,8	470,0	228,3

As seen in Table 2, the % U value (12.11) and %CVm value (15.46) of the yarn produced using KS navel are lower compared to the % U value (13.15) and %CVm value (16.70) of the yarn produced using KSK 6-A navel. It is observed that there is an improvement in yarn unevenness values with the use of KS navel. Yarn defects are expressed as thin places, thick places and neps. Similar results are observed for yarn unevenness; the values of -%50/km thin places (26.3), +%50/km thick places (143.8) and +%280/km neps (470.0) of the yarn produced using KS navel are quite lower compared to the values of -%50/km thin places (66.3), +%50/km thick places (215.0) and +%280/km neps (892.5) of the yarn produced using KSK 6-A navel. The quality properties of the yarn produced using KS navel present better evenness and lower imperfection (thin, thick and neps) values than the yarn produced using KSK 6-A navel. Therefore, it can be concluded that the navel type significantly affects the quality parameters of yarns. When the strength values of the yarns are examined, it is seen that the breaking strength value (228.3 gf) of the yarn produced using KS navel and the breaking strength value (222.6 gf) of the yarn produced using KSK 6-A navel are close to each other and the navel type does not have a great effect on yarn strength.

## Conclusions

According to the study reported in this work about the effects of navel type on the unevenness, imperfection (thin, thick and neps) and breaking strength values of Ne 30/1 50:50% Cotton/Polyester yarns produced in Open-End Rotor spinning system by using 2 different navels, the unevenness (%U and %CVm), thin place (-50%/km), thick place (+50%/km) and

neps (+280%/km) values of the yarns produced using KS navel has been found to be better than of the yarns produced using KSK 6-A navel. It was observed that there is low difference between the breaking strength of the yarns produced with two different navels.

## References

- Buharlı, G., Ömeroğlu, S. (2013). Effects of Factors on Open-End Rotor Yarn Properties. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Uludağ University*, 18(2), 19-36.
- Yapıcılar, C. (2005). Open-end İplik Teknolojisi: TYT Tekstil Makinaları Mümessillik Limited.
- Kaplan, S., Araz, C., Göktepe, Ö. (2006). A Multicriteria Decision Aid Approach on Navel Selection Problem for Rotor Spinning. *Textile Research Journal*, 76(12), 896-904.
- Çoruh, E., Çelik, N. (2012). Cost Analysis Of Single Jersey Fabric Produced From Open-end Rotor Yarns. *Journal of Textiles and Engineer*, 19(86), 14-24
- Ayan, H. E., Ceyhun Sabır, E. (2013). The Effect of Spinning Parameters on Yarn Quality Properties. *Cukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 28(1), 111-118
- Yiğit, E. S. (2020). Materyal ve Bazı Eğirme Parametrelerinin Akrilik İçeren Tekstil Atıklarından Elde Edilen Open End İpliklerinin Kalite Özellikleri Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 112 s.

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Su Kaynakları Yönetiminde Doğa Temelli Çözümler

(Dilara Mert, Mehmet Beyhan)

## Su Kaynakları Yönetiminde Doğa Temelli Çözümler

**Dilara Mert<sup>1</sup>, Mehmet Beyhan<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, ISPARTA, TÜRKİYE  
ORCID: 0000-0001-7473-6115  
dilaramert1@hotmail.com

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Çevre Mühendisliği Bölümü, ISPARTA, TÜRKİYE  
ORCID: 0000-0003-2312-2249  
mehmetbeyhan@sdu.edu.tr

**Özet:** Nüfusun hızla artması sonucunda, insan sağlığı üzerindeki baskılar su ve enerji kayıpları oluşmuştur. İnsan faaliyetlerinin yaygın olması ve bilinçsiz kullanım çevreye ve insanların gelişimine zarar vermeye başlamıştır. Çevreye verilen en büyük zararlardan biri de doğal sermayenin bozulmasıdır. Doğal sermayenin bozulmaya başlamasıyla beraber iklim değişikliği sorunu da ön plana çıkmış ve bunun sonucunda su kıtlığı yaşanmaya başlamıştır. Su kıtlığına karşı su potansiyelini daha verimli kullanabilmek için yenilikçi ve doğaya yönelik çözümler üretilmeye başlanmıştır. Bu çözümlerden biri de doğa temelli çözümlerdir. Doğa temelli çözümler; çevresel, biyolojik çeşitliliği ve sosyal zorlukları ele alarak doğayı korumayı, yönetmeyi ve geliştirmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmada amaç, son yıllarda Dünya'da önemli bir gündem konusu olan doğa temelli çözümler ile ilgili yapılan çalışmaların derlenmesi ve su kaynaklarının yönetiminde doğa temelli çözümlerin nasıl uygulandığının gösterilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde doğa temelli çözümlerin; ekonomik büyümeye katkı sağlayıp çevreyi iyileştirmek, şehri daha çekici kılmak için sürdürülebilir kentleşmeyi oluşturmak, karbon depolarını arttırmak için doğa temelli çözümler kullanılarak iklim değişikliğine uyum stratejisi geliştirmek ve son olarak geleneksel yöntemlerden daha fazla fayda sağlamak ve çoklu riskleri azaltmak için çevresel risk yönetimini azaltmak için kullanılarak çevresel riski yönetmek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, iklim değişikliğine karşı alınan önlemler arasında beton ağırlıklı gri altyapıya dayanan müdahaleler yerine daha çok doğayı esas alan çalışmaların yapılması gerekliliği ortaya konmuş dünyadan ve ülkemizden bazı örnekler verilmiştir.

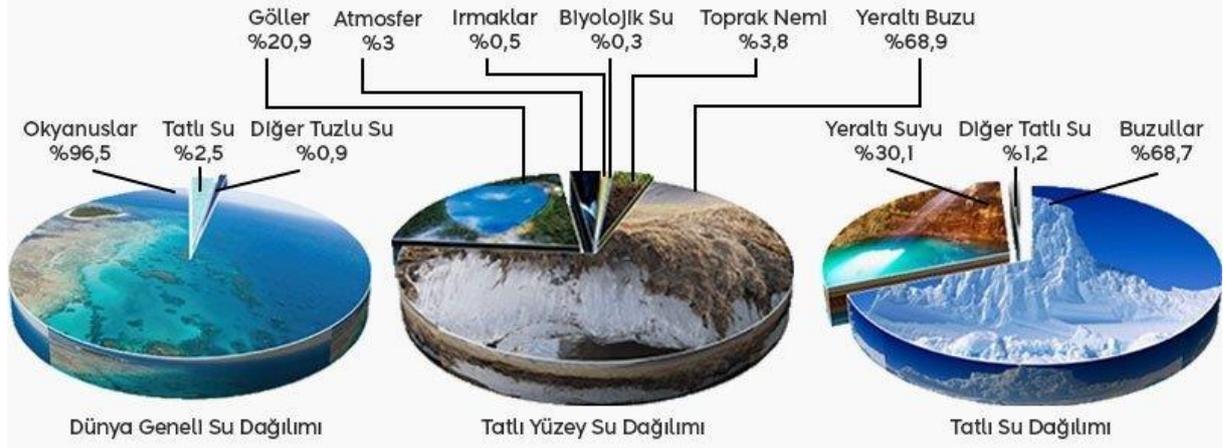
**Anahtar Kelimeler:** su kaynakları, su yönetimi, doğa temelli çözümler, çevre

### 1.Giriş

Dünya'da nüfusun hızla artmasıyla birlikte insanların sağlığının ve refahının üzerinde oluşan baskılar neticesinde su ve enerji kayıpları oluşmuştur. (Faivre vd., 2017). İnsan faaliyetlerinin bilinçsiz ve yaygın kullanılması herkes tarafından bilinen bir olaydır. Bu bilinçsizce kullanım bazı durumlarda önüne geçilemeyecek bir hal almaya başlamış ve insanların gelişimine ve çevreye zarar vermeye başlamıştır. Çevreye verilen zararlardan biri de doğal sermayenin bozulmasıdır. Doğal sermayenin bozulmaya başlamasıyla birlikte iklim değişikliği sorunu ortaya çıkmıştır. İklim değişikliği, suyun aşırı olarak tüketilmesi gibi sorunlardan dolayı su kıtlığı yaşanmaya başlanmıştır (Çömez, 2020).

Ülkemiz yarı kurak iklim bölgesinde yer aldığından dolayı suyu korumak için, suyu iyi yönetebilmek gerekmektedir (Ulusal Su Planı 2019-2023).

Dünya’da ve ülkemizdeki su durumuna bakılacak olursa, Dünya’da bulunan toplam su potansiyeli 1,4 km<sup>3</sup>’tür. Aşağıda Şekil 1’de görüldüğü gibi Dünya’daki su dağılımını mevcut suların %96,5’i okyanuslarda, %2,5’i tatlı sularda bulunmaktadır. (DSİ, 2019)



Şekil 3: Dünya'daki Su Dağılımı (DSİ, 2019)

Ülkemizde ise su potansiyeli bu durum, yeraltı ve yerüstü su potansiyelleri toplandığı zaman yılda ortalama 112 milyar m<sup>3</sup>’tür. Ancak bu toplam su potansiyelinin sadece 54 milyar m<sup>3</sup>’ü kullanılabilir (DSİ,2019). Bu kullanılabilir su potansiyelinin Aşağıda Şekil 2’de gösterildiği gibi %73’ü sulamada, %16’sı evsel kullanımda, %11’i ise sanayide kullanılmaktadır (Hürriyet, 2021).



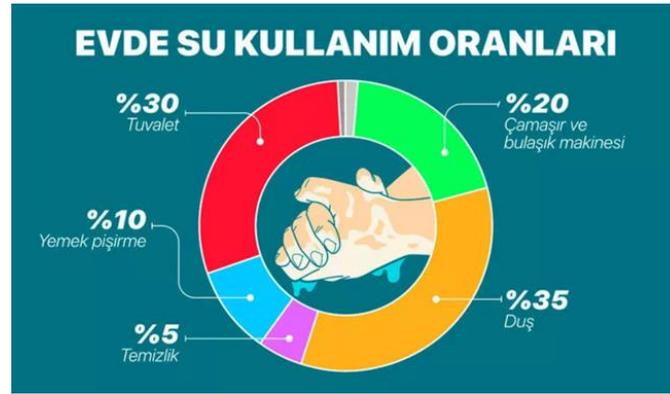
Şekil 4: Su Kullanımının Sektörlere Göre Dağılımı (Hürriyet,2021)

Ülkemizde 2021 yılı için kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı yaklaşık 1346 m<sup>3</sup> tür. Bu değer yıllar geçtikçe azalması beklenmekte ve 2050 yılında kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarının 1069 m<sup>3</sup> olacağı öngörülmektedir. Ülkeler bazında bakıldığında zaman hanelerde su tüketiminin en fazla olduğu ülkeler arasında Türkiye dördüncü sıradadır.

Türkiye’de hanelerde kullanılan günlük kişi başına tüketilen su miktarı Şekil 3’te gösterildiği gibi yaklaşık 217 litredir (Hürriyet,2021). Aşağıda Şekil 4’te gösterildiği gibi hanelerde kullanılan su oranı en çok duş alma, tuvaletler ve çamaşır-bulaşık makinelerinden kaynaklanmaktadır (Hürriyet, 2021).



Şekil 5: En Çok Su Tüketen Ülkeler Listesi (Hürriyet, 2021)



Şekil 6: Evde Su Kullanım Oranı (Hürriyet, 2021)

Tarım sektöründe kullanılan su miktarı Şekil 5’te gösterildiği gibi yüzeysel sulardan %53, yeraltı sularından karşılanan kısmı ise %38’dir (Hürriyet,2021). Tarım sektörü için üç çeşit sulama vardır. Bu sulamaların %82’si salma sulama ile yapılırken %17’si yağmurla sulama şeklinde yapılmaktadır.



Şekil 7: Tarım Sektöründe Kullanılan Tatlı Su Miktarı (Hürriyet, 2021)

Tarım sektöründe kullanılan su miktarının azaltılması için %82 oranında kullanılan salma sulama yerine daha verimli ama kullanım oranı diğer sulamalara göre az olan damla sulama yöntemi kullanılabilir.

## 2. Doğa Temelli Çözümler

Dünya’da ve ülkemizde kullanılabilir su potansiyelini daha verimli kullanabilmek için alternatif önlemler alınmalıdır. Ayrıca iklim değişikliği de su kaynaklarını, temiz havayı ve doğal çevrenin insanlara sağladığı birçok faydayı tehdit etmektedir (Kaçmaz, 2021). İklim değişikliğinin yarattığı sorunlarla mücadele etmek için doğaya yönelmek, doğa odaklı çözümler üretmek büyük önem kazanmıştır. Su kıtlığına karşı geleneksel çözümlerden kullanılmaktansa çok daha yenilikçi ve doğaya yönelik çözümler üretilmeye başlanmıştır. Bu çözümlerden biri de doğa temelli çözümlerdir (Possanti vd.,2022). Doğa temelli çözümler, Çevresel, biyolojik çeşitliliği ve sosyal zorlukları ele alarak doğayı korumayı, yönetmeyi ve geliştirmeyi amaçlamıştır (Ordenez,2021). İlk başlarda genel olarak tarım ve su yönetimi gibi konulara yönelik anlayış için çıkmış olsa da son zamanlarda iklim değişikliğiyle mücadele için önemli bir araç haline gelmiştir (Uncu,2021). Doğa temelli çözümler ile iklim değişikliği kaynaklı sorunların %30’unun giderilebileceği öngörülmüştür.

Doğa temelli çözümler tarafından ele alınabilecek dört temel hedefi şu şekilde sıralayabiliriz;

1. Ekonomik büyümeyi teşvik etmek ve aynı zamanda çevreyi iyileştirmek, şehirleri daha çekici kılmak ve insan refahını arttırmak için doğa temelli çözümler aracılığıyla sürdürülebilir kentleşmeyi geliştirmek.
2. Dirençlerini arttırmak için doğa temelli çözümleri kullanarak bozulmuş ekosistemi restore etmek, hayati hizmetler sunmalarını ve diğer toplumsal zorluklara dayanmalarını sağlamak.
3. Daha dayanıklı tepkiler sağlamak ve karbon depolarını arttırmak için doğa temelli çözümler kullanarak iklim değişikliğine uyum ve azaltma stratejileri geliştirmek (Fink,2016).

4. Geleneksel yöntemlerden daha fazla fayda sağlamak ve çoklu riskleri azaltmada sinerji sunmak için doğa temelli çözümler kullanarak çevresel risk yönetimini ve esnekliği geliştirmek (Lafortezzaa ve ark.,2018).

Genel çerçevesine bakıldığında Şekil 6'da verildiği gibi doğa temelli çözümler, ekosistemi koruma, restorasyon ve sürdürülebilir yönetim yoluyla insan refahı ihtiyaçlarını ve biyoçeşitlilik faydalarını aynı anda destekler (IUCN,2019).



Şekil 8:Doğa Temelli Çözümlerin Genel Çerçevesi (IUCN,2019)

Doğa temelli çözümlerin uygulama düzeyinde genel olarak iklim değişikliği ön plana çıkmıştır. İklim değişikliğinin etkilerine karşı alınan önlemler arasında beton ağırlıklı gri altyapıya dayanan müdahalelerin yerine yeşil altyapı uygulamalarının kullanılması alınan alternatif önlemler arasındadır. Buna örnek vermek gerekirse, deniz seviyesinde oluşan yükselmelere karşı kıyı şeridinde duvar yapma, baraj ve su boşaltım sistemleri yapmak yerine deniz ekosisteminin de bir parçası olan mangrovları ve resifleri korumak ve onarmak alınabilecek doğa temelli çözümlerden biridir (Uncu, 2021).

Doğa temelli çözümleri belirlemek için yedi aşamalı süreç vardır. Bunlar;

- i. Ele alınacak sorunun belirlenmesi
- ii. Hangi doğa temelli çözümlerin uygulanabilecek olduğunun değerlendirilmesi
- iii. Doğa temelli çözümlerin uygulama süreçlerini tasarlamak
- iv. Doğa temelli çözümü uygulama aşaması
- v. Paydaşları sık sık bir araya getirip ortak faydaları iletmek
- vi. Doğa temelli çözümün aktarılması ve yükseltilmesi
- vii. İzleme ve ortak faydanın değerlendirilmesi aşaması (Calliari ve ark.,2019).

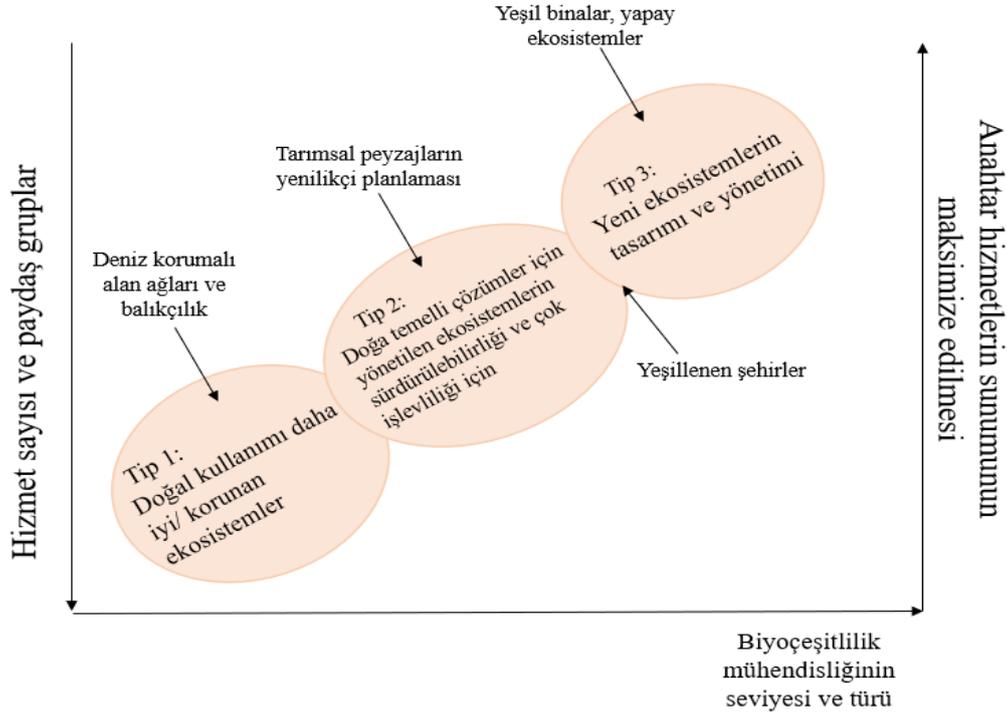
Kentsel Doğa Atlas'ına göre toplumsal sorunlar (Naturvation, 2020);

- i. Su yönetimi
- ii. Sağlık ve konfor
- iii. Yeşil alan ve biyoçeşitlilik
- iv. Çevre kalitesi
- v. Uyum, dayanıklılık
- vi. Arazi kullanımı
- vii. Sürdürülebilir tüketim

Bu toplumsal sorunlara göre alınabilecek doğa temelli çözüm önerileri ise (Naturvation,2020);

1. Yeşil binalar
2. Yeşil içeren gri altyapı tesisleri
3. Topluluk bahçeleri
4. Parklar ve kent ormanları
5. Kapalı yeşil alanlar
6. Mavi altyapı

Doğa temelli çözümlerin sınıflandırılmasında yer alan üç tip tipoloji aşağıda Şekil 7'de gösterilmiştir (Cohen-Shacham ve ark.,2016).



Şekil 9:Doğaya Dayalı Çözümlerin Sınıflandırılması (Cohen-Shacham ve ark.,2016)

#### Tip 1 Tipolojisi

Tip 1 tipolojisinde doğal kaynakların kullanımını ve korunmasını iyileştirmek için doğa temelli çözümler vardır. Tip 1 tipolojisinde sistemlerin kendilerine müdahaleyi en aza indirerek mevcut ekosistemi en iyi şekilde kullanmak amaçlanmıştır (Potschin ve ark., 2016). Örneğin, bir gıdayı geliştirmek için bozulmamış bir sulak alanda balık stoklarını artırmaya yönelik önlemlerin alınması (Cohen-Shacham ve ark.,2016).

#### Tip 2 Tipolojisi

Tip 2 tipolojisi yönetilen ekosistemin sürdürülebilirliğini veya işlevini geliştirmeye dayalı çözümlerdir (Potschin ve ark.,2016). Örneğin yoksulluğun azalmasını desteklemek için ticari ağaç türlerine dayalı geleneksel tarımsal ormancılık sistemlerinin yeniden kurulması (Cohen-Shacham ve ark.,2016).

#### Tip 3 Tipolojisi

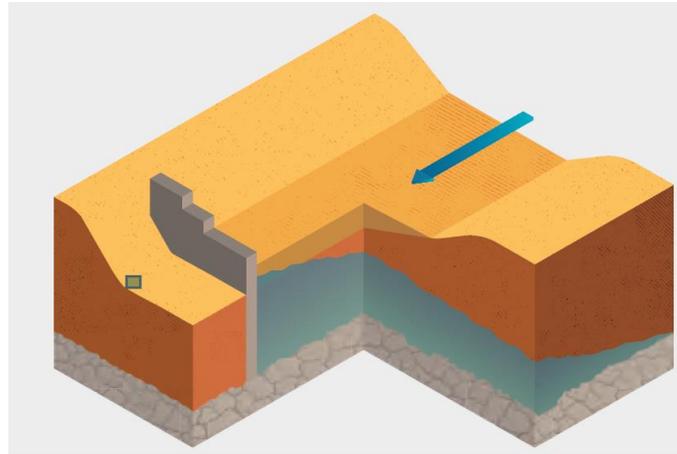
Tip 3 tipolojisinde yeni oluşturulan ekosistemlerin tasarımı ve yönetimine dayalı çözümlerdir (Potschin ve ark.,2016). Mavi ve yeşil altyapı ve ekolojik mühendislik gibi terimler, zaman zaman birbirinin yerinde kullanılmıştır (Sarabi ve ark.,2019). Yeşil binaların oluşturulması buna örnek olarak verilebilir (Cohen-Shacham ve ark.,2016).

## 2.2. Dünya’da ve Türkiye’de Uygulanan Doğa Temelli Çözümler

IUCN (2016), doğa temelli çözümlerden bahsederken sosyal zorlukların üstesinden gelirken aynı zamanda biyoçeşitliliğin yararına olacak şekilde insanların refahını göz önüne alarak doğayı ön planda tutan sürdürülebilir bir yaklaşım olduğunu savunmuştur. (Cohen-Shacham vd., 2016). Biyoçeşitlilik doğa temelli çözümlerdeki süreçlerin yönetilmesinde büyük önem taşır. Bir diğer tanımda ise, doğa temelli çözümleri, toplumsal sorunları ele alırken doğanın daha verimli nasıl kullanılacağından ilham alan ve tasarım konusunda doğayı esas alan yaklaşım olduğundan bahsetmektedir.

### 2.2.1. Afrika’da Uygulanan Kum Barajları

Afrika’da yapılan bir çalışmada mevsimsel akan nehirlerde görülen su depolama sorununun doğa temelli çözümler kullanılarak çözülmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, nehirlerin akışta olduğu dönemlerde yüzeyden akan sular sığ yeraltı suyu rezervuarlarına yönlendirilerek doldurulmakta ve kurak mevsim geldiğinde çeşitli basit araçlar kullanılarak depolanan sular oluşturulan bu alüvyal akiferden çekilerek tarımsal amaçlar için kullanılmaktadır. Ancak Afrika’nın birçok bölgesinde yüksek depolama potansiyeline rağmen bu yöntem ile yeterince su çekilememektedir. Bu soruna çözüm olarak sulama gereken alanlar için kum barajları oluşturma tekniği kullanılmıştır. Şekil 8’de gösterildiği gibi kum barajları, nehirlerdeki tortu kalınlığını yükselterek depolanan su hacmini ve suya erişilebilirliği güneş enerjili pompalar kullanarak arttırmaktadır (WWDR, 2018).



Şekil 10: Bir Kum Barajının Şeması (WWDR, 2018)

### 2.2.2. Madagaskar’da Uygulanan Pirinç Yoğunlaştırma Sistemi

Yapılan başka bir çalışma ise Madagaskar’da uygulanan daha az su kullanarak daha fazla pirinç verimi elde edilen pirinç yoğunlaştırma sistemidir. Pirinç üretimi için çok fazla suya ihtiyaç vardır. Pirinç yoğunlaştırma sisteminin amacı, sürekli olarak su basmayan suyu tutma yöntemiyle suyun sürekli doymuş şekilde kalmasını sağlamaktır. Şekil 9’da verildiği gibi Madagaskar’daki pirinç tarlasında yapılan bu çalışma uluslararası doğa temelli çözümler kapsamında önemli bir çalışma olmuştur. (Kassam vd.,2011). Pirinç yoğunlaştırma sistemi, yeni çeşitlerin tanıtılmasına veya her zamankinden daha fazla çeltik kullanılmasına dayanmak yerine,

standart mahsul ve su yönetimi uygulamalarındaki değişikliklere dayalı olarak, toprakların ekolojik ve hidrolojik işleyişinin yeniden kurulmasını içeren bir yaklaşımdır. Pirinç yoğunlaştırma sistemi sadece pirinç verimliliği değil aynı zamanda azot ve su kullanımı verimliliğinde de etkisi oldukça fazladır. Metan emisyonundaki azalma sonucunda topraktaki anaerobik koşullardan aerobik koşullara geçişin sonucunda sera gazı emisyonlarında da azalma söz konusudur. Bu çalışma sonucunda kurak bölgelerde de pirinç yoğunlaştırma sistemi uygulanarak nem tasarrufu sağlayarak pirinç üretimi yapılabilir olduğu görülmektedir.



Şekil 11: Madagaskar Pirinç Tarlası (Nereye Dergisi,2019)

### 2.2.3. Çin'de Uygulanan Sünger Şehir Projesi

BM tarafından yayınlanan Sürdürülebilir Kalkınma İçin 2030 Gündemi mavi-yeşil altyapıyla insan-su ilişkisinin önemini vurgulamaktadır. Yeşil altyapıları unsurları olarak yağmur suyu toplama sistemleri, yağmur bahçeleri, geçirgen kaldırımlar, yeşil çatılar ve bioswales kullanılabilir (Çömez,2020). Yeşil binalar doğa temelli çözümler kapsamında yeni gelişmekte olan bir yaklaşımdır. Çin'de Şekil 10'da gösterildiği gibi 'sünger şehir' konseptiyle yeşil altyapı kullanılarak su durumunu iyileştirmek amaçlanmıştır (WWDR,2018). Bu proje kapsamında yağmur suyunun %70'inin tutulması, depolanması ve arıtdıktan sonra yeniden kullanılması hedeflenmiştir. Sünger şehir konseptinde yeşil çatılar, bioswales ve geçirimli kaldırımlardan faydalanılmıştır (Embassy of the Kingdom of the Netherlands,2016).



Şekil 12:Çin'deki Sünger Şehir Konsepti (WWDR,2018)

#### 2.2.4. Isparta'da Uygulanan Geçirimli Beton Sistemi

Yağmur suyu depolama uygulaması kapsamında Isparta Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü Binasında geçirimli beton sistemi kurulmuştur. Yapılan sistemde yağmur suyunun Şekil 11'de gösterildiği gibi geçirimli beton sayesinde akışa geçen yağmur sularını geri dönüşüm tankları içerisinde toplanması amaçlanmıştır. Daha sonrasında Şekil 12'de gösterilen yağmur suyu depolama tankında biriken sularla araçların yıkanmasında, bahçe sulamasında kullanılması planlanmıştır (Isparta Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü,2021).



Şekil 13:Isparta'da Uygulanan Geçirimli Beton Uygulaması (Isparta Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü,2021)



Şekil 14:İsparta'da Uygulanan Geçirimli Beton Uygulamasının Yağmur Suyu Deposu (İsparta Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü,2021)

## Sonuç

Dünya’da ve ülkemizde yaşanan iklim değişikliğiyle birlikte su kıtlığı sorunu ortaya çıkmıştır. Su kıtlığına karşı alınması gereken önlemler arasında daha yenilikçi olan doğa temelli çözümler kullanılmaya başlanması gerekmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde doğa temelli çözümlerin ekonomik büyümeye katkı sağlayıp çevreyi iyileştirmek, şehri daha çekici kılmak için sürdürülebilir kentleşmeyi oluşturmak, karbon depolarını arttırmak için doğa temelli çözümler kullanılarak iklim değişikliğine uyum stratejisi geliştirmek ve son olarak geleneksel yöntemlerden daha fazla fayda sağlamak ve çoklu riskleri azaltmak için çevresel risk yönetimini azaltmak için doğa temelli çözümler kullanarak çevresel riski yönetmek olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, iklim değişikliğine karşı alınan önlemler arasında beton ağırlıklı gri altyapıya dayanan müdahaleler yerine daha çok doğayı esas alan çalışmaların yapılması gerekliliği ortaya konmuştur.

## Kaynakça

- Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C.,Maginnis, S. (2016). Küresel Toplumsal Zorlukları Ele Almak İçin Doğaya Dayalı Çözümler.
- Çömez, F. (2020). Integration Of Inherited Water Management Systems With Contemporary Nature-Based Solutions: The Case Of Bodrum, Turkey.

DSİ.(2019).Devlet Su İşleri:

<https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754#:~:Text=Yap%C4%B1lan%20et%C3%Bctlere%20g%C3%B6re%3b%20mevcut%20su,Edilmi%C5%9f%20modern%20sula ma%20%C5%9Febekesine%20sahiptir. Adresinden Alındı>

Embassy Of The Kingdom Of The Netherlands. (2016). *Factsheet Sponge City Construction In China*. China.

Faivre, N., Fritz, M., Freitas, T., De Boissezon, B., Vandewoestijne, S. (2017). Nature-Based Solutions In The Eu: Innovating With Nature To Address Social,Economic And Environmental Challenges. *Environmental Research*, 509-518.

Fink, H. (2016). Human-Nature For Climate Action: Nature-Based Solutions For Urban Sustainability.

*Hürriyet*.(2021).<https://www.hurriyet.com.tr/Ekonomi/Kurakliga-Dogru-Hizla-İlerliyoruz- Tarih-Verildi-41881442 Adresinden Alındı>

Isparta Valiliği. (2021). *Isparta Valiliği Çevre, Şehircilik Ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü*. <https://isparta.csb.gov.tr/Isparta-Cevre-Sehircilik-Ve-Iklim-Degisikligi-Il-Mudurlugu-Gecirimli-Beton-Uygulamasi-Ile-Yagmur-Suyu-Depolama-Projesi-Haber-266451 Adresinden Alındı>

IUCN. (2016). *IUCN 2016:Ulusal Arası Doğayı Koruma Birliği 2016 Yıllık Raporu*.

Kaçmaz, G. (2021). İklim Değişikliği İle Mücadelede Doğa Temelli Çözümler. *Peyzaj - Eğitim, Bilim, Kültür Ve Sanat Dergisi*, 82-92.

Kassam, A., Friedrich, T., Shaxson, F., Reeves, R., Pretty, J.,De Moraes Sa, J. C. (2011). Production Systems For Sustainable Intensification: Integrated Productivity With Ecosystem Services. *Technikfolgenabschätzung – Theorie Und Praxis*, 39-45.

Laforteza, R., Chenb, J., Konijnendijk Van Den Bosch, C.,Randrupd, T. (2018). Nature-Based Solutions For Resilient Landscapes And Cities. *Environmental Research*, 431-441.

Lafortezaa, R.,Sanesib, G. (2019). Nature-Based Solutions: Settling The Issue Of Sustainable Urbanization. *Environmental Research*, 394-398.

NereyeDergisi.(2019).<https://nereye.com.tr/madagaskarin-yavas-treninde-seyahat-etmek/madagaskar-pirinc-tarlalari-1/>

Ordóñez, C. (2021). Governance Lessons From Australian Local Governments For Retaining And Protecting Urban Forests As Nature Based Solutions. *Nature-Based Solutions*.

Possantti, I., Marques, G. (2022). Aşağıdaki Havzadaki Kentsel Su Kullanıcılarının Yararlarını Göz Önünde Bulunduran Doğaya Dayalı Çözümlerin Genişletilmesi Planlanması İçin Bir Modelleme Çerçevesi. *Çevresel Modelleme Ve Yazılım*.

Potschin, M., Kretsch, C., Haines-Young, R., Furman, E., Berry, P., Baró, F. (2016). Nature-Based Solutions.

Sarabi, S., Han, Q., Romme, A., Vries, B., Wendling, L. (2019). Key Enablers Of And Barriers To The Uptake And Implementation Of Nature-Based Solutions In Urban Settings: A Review.

Tarım ve Orman Bakanlığı. (2019). Ulusal Su Planı 2019-2023

Uncu, B. (2021). İklim İçin Kentler İzleme & Değerlendirme.

WWDR. (2018). *Nature-Based Solutions For Water*. France: Unesco.

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

An Overview of the Geodynamics of the Anatolian Plateau

(Ebru Şengül Uluocak, Russell Pysklywec)

## An Overview of the Geodynamics of the Anatolian Plateau

Ebru Şengül Uluocak<sup>1</sup>, Russell Pysklywec<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye,  
E-mail: ebrusengul@comu.edu.tr

<sup>2</sup>Department of Earth Sciences, University of Toronto, M5S 3B1, Toronto, ON, Canada.

---

**Abstract:** *The temporal and spatial evolution of heterogeneous subsurface structures in the Anatolian Plateau in which located in the Alpine-Himalayan orogenic belt have been subject to many studies in Earth Sciences. However, upper mantle induced active dynamic forces that might affect the present-day topography and tectonics in the region are still debated. This study focuses on an integrated analysis of the geodynamic features of the Anatolian Plateau. For this aim, we conduct 3-dimensional (3D) thermomechanical numerical models by considering a series of geophysical and geological observations and laboratory experiments to set model parameters such as, rheology, temperature, and density. In addition, we analyze non-isostatic components of the observed topography based on the principle of crustal isostasy and long wavelength gravity data. Our models' estimations are presented here as mantle convection vectors and dynamic topography on the plateau with different model configurations (i.e., temperature, density etc.). We interpret preliminary findings together with independent datasets imaging crustal (e.g., partial melting, surface heat flows, magmatism) and lithospheric scale structures that can also be associated with near and far field deformation processes. Our results suggest that dynamic forces in the upper mantle play an important role in the present-day topography and tectonism of the Anatolian Plateau.*

**Keywords:** *geodynamics, Anatolia, thermomechanical model, Earth Sciences*

---

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Plastik Enjeksiyon Süreç Parametrelerinin Taguchi Metodu ile  
İyileştirilmesi: Otomotiv Yan Sanayi Uygulaması

(Aslan Deniz Karaoğlan, Ece Nur Bağçeci)

## Plastik Enjeksiyon Süreç Parametrelerinin Taguchi Metodu ile İyileştirilmesi: Otomotiv Yan Sanayi Uygulaması

Aslan Deniz Karaoğlan<sup>1</sup>, Ece Nur Bağçeci<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Balıkesir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Balıkesir, Türkiye

<sup>1</sup>E-mail: deniz@balikesir.edu.tr

<sup>2</sup>E-mail: ecebagceci@gmail.com

---

**Özet:** Bu çalışma ile bir otomotiv yan sanayi firmasında üretilen aydınlatma parçalarının plastik enjeksiyon proses parametrelerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Parçalarda enjeksiyon sonrası oluşan sararma ve mavileşme kalite problemlerinin önüne geçebilmek amacıyla yaygın olarak kullanılan deney tasarımı yöntemlerinden biri olan Taguchi metodundan faydalanılmıştır. Ütuleme zamanı, ütuleme basıncı, soğuma zamanı, kalıp yüzey sıcaklığı, ocak sıcaklığı, enjeksiyon hızı ve manifold sıcaklığı olmak üzere 7 faktör ele alınmıştır. Taguchi L27 ortogonal dizisi kullanılarak deneyler oluşturulmuş, renk farkı üzerindeki değişim optik küre ölçüm cihazı ile ölçülmüştür. Taguchi ile yapılan eniyileme ve devamında doğrulama deneyleri sonucunda, parçalar üzerinde renk değişimini en aza indiren optimum faktör değerlerine ulaşıldığı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Plastik enjeksiyon, Taguchi, deney tasarımı, optimizasyon.

---

### Giriş

Plastik enjeksiyon günümüzde prosesin seri imalata oldukça uygun olması ve kompleks parçaların basılabilmesi ile özellikle otomotiv sektöründe araçların plastik aksamalarının imal edilmesinde önemli yeri olan bir uygulamadır.

Literatürde enjeksiyon sonrası plastik parçalarda meydana gelen kalite hatalarının azaltılmasına yönelik farklı çalışmalar bulunmaktadır. Chen ve ark. (1997), Taguchi metodu kullanarak enjeksiyonla kalıplanmış otomobil tamponunun yüzeyindeki damarlanmayı L12 ortogonal dizisini kullanarak elimine etmeye çalışmışlardır. Chang ve Faison (2001), çalışmalarında Taguchi deney tasarımı yöntemini kullanarak plastik enjeksiyon sırasında parçada meydana gelen çarpılma problemini farklı süreç koşulları altında üç ayrı polimer malzemeyi kullanarak incelemişlerdir. Kayı (2006), enjeksiyondan çıkan polistiren ve polietilen malzemeye sahip parçaların, belirlenmiş proses parametreleri altında meydana gelen çekme probleminin minimize edilmesini 6 faktörlü deney tasarımı ile belirlemeye çalışmıştır. Oktem ve ark. (2007), ince cidarlı plastik parçada meydana gelen çarpılma ve çekme durumunu azaltmak için Taguchi metodundan faydalanarak ürün hatalarını optimize etmeye çalışmışlardır. Kamber (2008), plastik enjeksiyon makinelerindeki kalite hatalarının sebebinin kalıbın çevre koşulları ve ölçme cihazlarındaki hassasiyetlerden yola çıkarak, enjeksiyon makinesi kalıp basma parametrelerinden olan basınç, sıcaklık ve zaman değerlerinin optimizasyonunu sağlamıştır. Altan (2009), Taguchi, Anova ve yapay sinir ağları ile yapılan analizler sonucunda değişkenlerin optimum değerine ulaşmıştır. Çalışma sonunda, en önemli parametrelerin polipropilen (PP) için ütuleme basıncı, polistilen (PS) için erime sıcaklığı olduğuna; enjeksiyon basıncı girdi faktörünün her iki komponentin büzülmesi üzerinde en az etkisi olduğu sonucuna

ulaşmıştır. Erdem ve ark. (2010), Taguchi metodu kullanarak plastik parçaların üretiminde etkili olan farklı ürün tasarımı, giriş sayısı, giriş ölçüsü, yolluk tasarımı parametreleri ile üründe oluşan çarpılmanın en aza indirilmesini amaçlamışlardır. Mehat ve Kamuruddin (2011), geri dönüştürülmüş plastik parçaların mekanik özellikleri üzerindeki enjeksiyon kalıplama parametrelerinin etkilerini araştırmışlardır. Azaman ve ark. (2013), lignoselülozik polimerin düz veya dış bükey olarak ince cidarlı parçanın kalıplanması üzerinde çalışmışlardır. Çalışma sonucunda malzemenin basıldıktan sonraki davranışı incelenerek optimum parametrelere karar verilmiştir. Önal (2021), plastik enjeksiyon kalıplama tekniği ile imal edilen fırın düğmesi iç göbek parçasının çekme probleminin minimizasyonu için Taguchi metodu ile analiz yapmıştır. Türkan (2021), plastik enjeksiyon parçasının soğutma işlemi esnasında meydana gelebilecek çatlak ve gerilme riskine karşı soğuma sürecinin optimizasyonunu incelemiştir. Lin ve Chen (2021), optik sistemlerde kullanılan plastik ürünlerin yuvarlaklığı ve eş merkezliliğindeki bozulmaların minimuma indirilmesi için Taguchi metodunu kullanarak enjeksiyon parametrelerinin optimizasyonu üzerinde çalışmışlardır. Taşgın ve Gökör (2021), farklı özelliklerdeki malzemelerin, plastik enjeksiyon makineleri ile imalatı sırasında ortaya çıkabilecek imalat hatalarının daha önce tespit edilerek, hızlı ve doğru yöntemin belirlenmesi ve hataların minimuma indirilmesi üzerine çalışmışlardır. Karaoğlan ve Baydeniz (2022), otomotiv aydınlatma parçalarındaki hatalı enjeksiyon görüntülerini ve parça kopmalarını minimize edebilmek için Taguchi deney tasarımı yönteminden faydalanarak kalıp basma parametrelerinin optimizasyonunu üzerine çalışmıştır. Girdi değişkeni olarak ocak sıcaklığı, enjeksiyon hızı, ütüleme basıncı, mal alma zamanı ve ütüleme basıncı faktörlerini ele almış; çıktı değişkeni olarak ürün ağırlığını ölçmüşlerdir.

Bu çalışmada ise literatürdeki çalışmalardan farklı olarak plastik enjeksiyon sürecinde ütüleme zamanı, ütüleme basıncı, soğuma zamanı, kalıp yüzey sıcaklığı, ocak sıcaklığı, enjeksiyon hızı ve manifold sıcaklığı faktörlerine ele alınmış ve çıktı olarak da parçalar üzerindeki renk değişimi ele alınmıştır. Amaç renk değişimini minimize etmektir. İzleyen bölümlerde sırasıyla deney tasarımına ilişkin materyal ve metod, deneysel çalışma ve sonuçlar verilmiştir.

### **Deney Tasarımı ve Taguchi Metodu**

Deney tasarımı konusunda literatürde yaygın olarak kullanılan yöntemler; yanıt yüzey yöntemi, faktöriyel tasarım ve Taguchi metodudur. Yanıt yüzey yönteminde lineer, karesel ve ikili etkileşim terimlerinin kombinasyonlarını ve/veya hepsini içeren regresyon denklemleri kurulur. Faktörler diğer yöntemlerden farklı olarak, sadece nicel ve sürekli değişkenlerden oluşabilir. Faktörlerin ara seviye değerleri ile birlikte optimum değerlerine ulaşmak için hesaplamalar yapılır. Diğer yöntemlere göre nispeten daha fazla deney gerektirir. Diğer yaygın bir yöntem olan faktöriyel tasarım metodunda parametreler nicel (sürekli değişken) veya nitel (kesikli değişken) olabilir. Deney tasarlanırken her faktör 2 seviyeli olarak ele alınır lineer ve etkileşim terimlerini içeren regresyon denklemleri kullanılarak matematiksel modelleme yapılır. Taguchi metodu ise matematiksel modele sahip değildir, diğer yöntemler gibi bir regresyon denklemi kullanmaz. Az deney sayısı ile S/N oranını yani kontrol edilebilir faktörlerin kontrol edilemeyen faktörlere oranını hesaplar. Optimum sonuç yerine optimumuma en yakın sonuç verir (Montgomery, 2008; Roy, 2011, Şirvancı, 1997).

## Deney Verileri

Bu çalışma, otomotiv aydınlatma sistemine ait olan Şekil 1’de örneği belirtilmiş ışık tüpü parçasının plastik enjeksiyon kalıbından çıkarıldıktan sonra üründe meydana gelen kalite problemlerine çözüm getirmek için gerçekleştirilmiştir. Parçanın plastik enjeksiyon ile üretimi sonrası optik küre ölçüm cihazı ile renk ölçümleri yapıldığında, renk ile ilgili kalite problemlerinin olduğu görülmüştür.



Şekil 1. Işık tüpü görsel muayene fikstürü

Plastik enjeksiyon makinesinden çıkan ışık tüpü aydınlatma parçasının standartlara göre istenen kalite düzeyini yakalaması için parçada enjeksiyon sonrası renk uyumsuzlukları meydana gelmemesi istenmektedir. Müşteri tarafından iletilen renk toleranslarında belirtilen ölçüm skalasına parça uyum sağlamalıdır. Ölçümler Şekil 2’de belirtilen optik küre cihazı (Ulbricht) ile yapılmaktadır. Ölçüm cihazı ile ölçülen sararma  $\Delta x$  ile ifade edilirken; mavileşme ise  $\Delta y$  ile ifade edilmektedir. Bu değerler parça renginin hangi seviyede olduğunu göstermektedir. Her bir parça için belirlenmiş olan değer aralıklarına göre ölçüm sonuçlarının kıyaslaması yapılmaktadır. Kalite probleminin çözümüne yönelik olarak, öncelikle proses parametreleri (faktörler) ve her faktör için seviyeler belirlenmiştir. Bu çalışmada ele alınan faktörler ve seviyeleri aşağıda Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan faktörler ve seviyeleri

Faktörler	Seviye 1	Seviye 2	Seviye 3
Ütüleme zamanı (s)	3	5	7
Ütüleme basıncı (bar)	380	530	680
Soğuma zamanı (s)	20	25	30
Kalıp yüzey sıcaklığı (°C)	105	115	125
Ocak sıcaklığı (°C)	242	250	255
Enjeksiyon hızı (s)	2,8	3,8	4,8
Manifold sıcaklığı (°C)	240	250	260



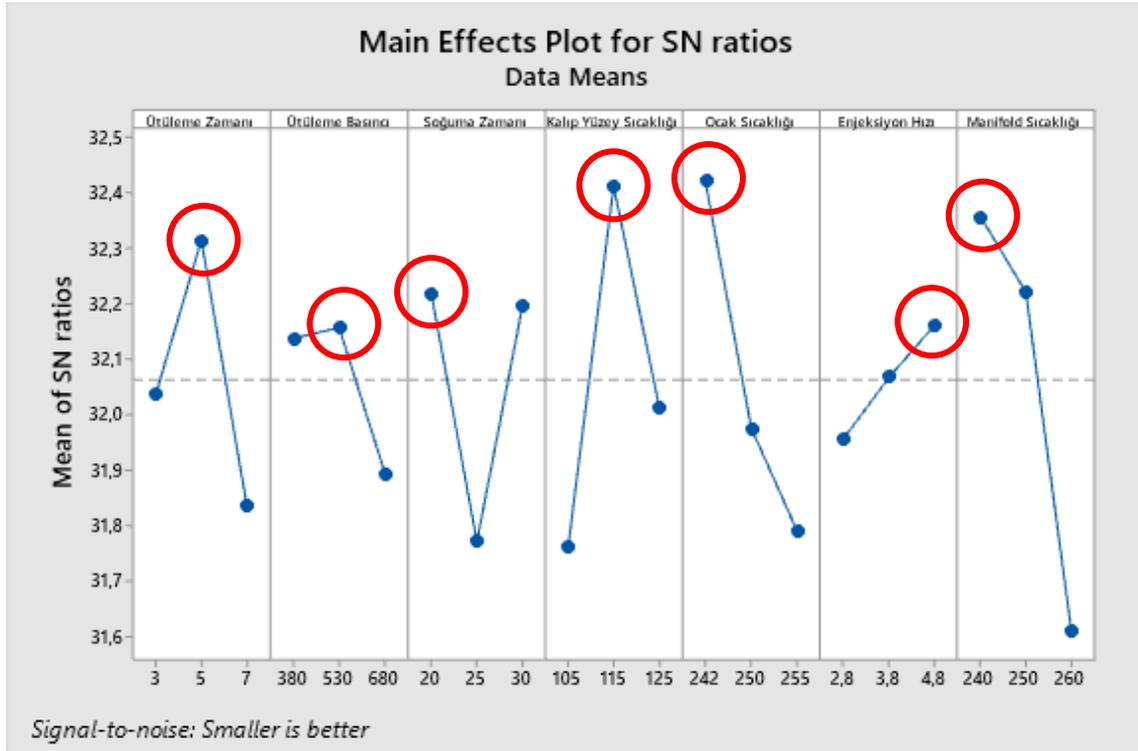
**Şekil 2.** Işık tüpü Ulbricht ölçüm ekipmanı

Tablodaki faktörler için Minitab istatistiksel analiz programı kullanılarak deney tasarlanmış ve belirlenen 7 adet her biri 3 seviyeli enjeksiyon süreç parametreleri için Taguchi L27 ortogonal dizisi kullanılmıştır. Ölçümler optik küre ölçüm cihazı ile yapılmış bunun çıktısı olarak  $\Delta x$  ve  $\Delta y$  değerleri işlenen verilerden elde edilmiştir. İstenilen ürün kalitesine ulaşabilmek için  $\Delta x$  ve  $\Delta y$  değerlerinin minimum olması istenmektedir. L27 ortogonal dizisi ile oluşturulmuş deney tasarımı ve ölçülen sonuçlar aşağıda Tablo 2’de verildiği gibidir.

**Tablo 2.** Deney sonuçları

Deney No	Ütüleme Zamanı (s)	Ütüleme Basıncı (bar)	Soğuma Zamanı (s)	Kalıp Yüzey Sıcaklığı (°C)	Ocak Sıcaklığı (°C)	Enjeksiyon Hızı (m/s)	Manifold Sıcaklığı (°C)	Sararma ( $\Delta x$ )	Mavileşme ( $\Delta y$ )
1	3	380	20	105	242	2,8	240	0,02340	0,0362
2	3	380	20	105	250	3,8	250	0,02560	0,0404
3	3	380	20	105	255	4,8	260	0,02680	0,0426
4	3	530	25	115	242	2,8	240	0,02270	0,036
5	3	530	25	115	250	3,8	250	0,02470	0,0391
6	3	530	25	115	255	4,8	260	0,02640	0,0421
7	3	680	30	125	242	2,8	240	0,02440	0,0386
8	3	680	30	125	250	3,8	250	0,02410	0,038
9	3	680	30	125	255	4,8	260	0,02740	0,0438
10	5	380	25	125	242	3,8	260	0,02550	0,0402
11	5	380	25	125	250	4,8	240	0,02260	0,0356
12	5	380	25	125	255	2,8	250	0,02700	0,0426
13	5	530	30	105	242	3,8	260	0,02350	0,0366
14	5	530	30	105	250	4,8	240	0,02410	0,0382
15	5	530	30	105	255	2,8	250	0,02570	0,0407
16	5	680	20	115	242	3,8	260	0,02450	0,0388
17	5	680	20	115	250	4,8	240	0,02340	0,037
18	5	680	20	115	255	2,8	250	0,02210	0,0349
19	7	380	30	115	242	4,8	250	0,02210	0,0349
20	7	380	30	115	250	2,8	260	0,02560	0,0401
21	7	380	30	115	255	3,8	240	0,02440	0,0387
22	7	530	20	125	242	4,8	250	0,02400	0,0376
23	7	530	20	125	250	2,8	260	0,02590	0,0406
24	7	530	20	125	255	3,8	240	0,02520	0,0396
25	7	680	25	105	242	4,8	250	0,02560	0,0405
26	7	680	25	105	250	2,8	260	0,03160	0,0502
27	7	680	25	105	255	3,8	240	0,02700	0,0426

Deneyler sonunda ölçülen değerler kullanılarak Minitab programı yardımıyla Taguchi analizi yapılmıştır. Taguchi analizi Minitab programında “smaller is better” seçeneğine göre yapılmıştır. Analiz sonunda elde edilen S/N grafiği aşağıda Şekil 3’te verilmiştir. S/N grafiği üzerinde her faktör için maksimum faktör seviyeleri seçilerek optimum faktör seviyelerine ulaşılmıştır. Yapılan iki ayrı analiz sonucunda mavileşme ve sararma için en iyi noktaların aynı kalıp basma değerleri olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 3. S/N Grafiği

Şekil 3'te verilen S/N grafiğinden alınan sonuçlara göre sararma ve mavileşmeyi düşürerek ürün kalitesini arttıracak optimum süreç parametre değerleri: ütüleme zamanı= 5 saniye, ütüleme basıncı= 530 bar, soğuma zamanı= 20 saniye, kalıp yüzey sıcaklığı= 115°C, ocak sıcaklığı= 242°C, enjeksiyon hızı= 4,8 m/s, manifold sıcaklığı= 240°C, olarak belirlenmiştir. Deneylerde ele alınan faktörlerin yanıt değişkeni üzerindeki etkisinin önem sırası ise aşağıda Şekil 4'de verildiği gibidir. Buna göre faktörler en etkiliden en etkisize doğru: manifold sıcaklığı, kalıp yüzey sıcaklığı, ocak sıcaklığı, ütüleme zamanı, soğuma zamanı, ütüleme basıncı ve enjeksiyon hızı olarak sıralanmaktadır.

	Ütüleme Zamanı	Ütüleme Basıncı	Soğuma Zamanı	Kalıp Yüzey Sıcaklığı	Ocak Sıcaklığı	Enjeksiyon Hızı	Manifold Sıcaklığı
Level 1	32,04	32,14	32,22	31,76	32,42	31,96	32,36
Level 2	32,32	32,16	31,77	32,41	31,98	32,07	32,22
Level 3	31,83	31,89	32,20	32,01	31,79	32,16	31,61
Delta	0,48	0,27	0,45	0,65	0,64	0,21	0,75
Rank	4	6	5	2	3	7	1

Şekil 4. Minitab rank değerleri raporu

Belirlenen optimum faktör seviyeleri için 5 adet doğrulama deneyi yapılmıştır. Doğrulama deneylerinin sonuçları aşağıda Tablo 3'te verildiği gibidir.

**Tablo 3.** Doğrulama deneyi

Deney No	Ütüleme Zamanı (s)	Ütüleme Basıncı (bar)	Soğuma Zamanı (s)	Kalıp Yüzey Sıcaklığı (°C)	Ocak Sıcaklığı (°C)	Enjeksiyon Hızı (m/s)	Manifold Sıcaklığı (°C)	Sararma ( $\Delta x$ )	Mavileşme ( $\Delta y$ )
1	5	530	20	115	242	4,8	240	0,02052	0,03139
2	5	530	20	115	242	4,8	240	0,02059	0,02753
3	5	530	20	115	242	4,8	240	0,02035	0,02786
4	5	530	20	115	242	4,8	240	0,02059	0,02703
5	5	530	20	115	242	4,8	240	0,02193	0,02886

Deneyler sonucunda elde edilen renk değeri ortalamasının sararma ve mavileşme için sırasıyla 0,02080 ve 0,02853 olduğu belirlenmiştir. Doğrulama deneyi sonucu göstermektedir ki, Taguchi analizi ile yapılan optimizasyon sonunda istenilen renk dalga boylarının iyileştirilmiştir.

### Sonuç

Bu çalışmada bir otomotiv yan sanayi firmasının plastik enjeksiyon süreci ile ürettiği aydınlatma parçalarında gözlenen kalite probleminin önüne geçebilmek amacıyla Taguchi metodundan yararlanılmıştır. Girdi faktörü olarak ütüleme zamanı, ütüleme basıncı, soğuma zamanı, kalıp yüzey sıcaklığı, ocak sıcaklığı, enjeksiyon hızı ve manifold sıcaklığı kullanılmıştır. Ölçülen çıktı parametreleri ise sararma ve mavileşmedir ve her ikisinin de minimum olması hedeflenmektedir. Deneysel çalışma kapsamında L27 ortogonal dizisi kullanılarak 27 adet deney gerçekleştirilmiş ve aydınlatma parçalarındaki renk değişimini minimize edecek faktör seviyeleri: ütüleme zamanı= 5 saniye, ütüleme basıncı= 530 bar, soğuma zamanı= 20 saniye, kalıp yüzey sıcaklığı= 115°C, ocak sıcaklığı= 242°C, enjeksiyon hızı= 4,8 m/s, manifold sıcaklığı= 240°C, olarak belirlenmiştir. Bu faktör seviyeleri için yapılan 5 adet doğrulama deneyi sonunda sararma ve mavileşme için ölçülen değerlerin ortalaması sırasıyla 0,02080 ve 0,02853 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, elde edilen bu problem için Taguchi metodunun uygun bir yöntemdir.

### Kaynaklar

- Altan, M. (2009). Reducing shrinkage in injection moldings via the Taguchi, ANOVA and neural network methods. *Materials and Design* 31 (1), 599–604.
- Azaman, M. D., Sapuan, S. M., Sulaiman, S., Zainudin, E. S., Khalina, A. (2013). Shrinkages and warpage in the processability of wood-filled polypropylene composite thin-walled parts formed by injection molding. *Materials and Design* 52, 1018-1026.
- Chang, T. C., Faison E. (2001). Shrinkage behavior and optimization of injection molded parts studied by the taguchi method. *Polymer Engineering and Science* 41 (5), 703-710.
- Chen, R. S., Lee, H. H., Yu, C. Y. (1997). Application of Taguchi's method on the optimal process design of an injection molded PC/PBT automobile bumper. *Composite Structures* 39 (4), 209-214.

- Erdem, V., Belevi, M. ve Koçhan C. (2010). Taguchi metodu ile plastik enjeksiyon parçalarda çarpılmanın en aza indirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi 12 (2), 17-29.
- Kamber, Ö. Ş. (2008). Plastik Enjeksiyon Kalıplarında Basınç ve Sıcaklık Parametrelerinin Ürün Kalitesine Etkileri ve Taguchi Yöntemi ile Optimizasyonu (Yayımlanmamış Doktora Tezi).
- Karaoglan, A.D., Baydeniz, B. (2020). Taguchi metodu kullanılarak plastik enjeksiyon proses parametrelerinin optimizasyonu: otomotiv aydınlatma parçaları için bir uygulama. INSAC-International Conference on Research in Natural and Engineering Sciences - ICRNES 2020, pp. 24-32, 14-15 Kasım, 2020, Konya, Türkiye.
- Kayı, Y. (2006). Plastik Enjeksiyon Prosesindeki Parametrelerin Çekme Problemine Etkilerinin Taguchi Metodu ile İncelenmesi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi).
- Lin C., Chen, J. (2021). Taguchi optimization of roundness and concentricity of a plastic injection molded barrel of a telecentric lens. Polymers 13 (19), 3419-3440.
- Mehat, N. M., Kamuriddin, S. (2011). Investigating the effects of injection molding parameters on the mechanical properties of recycled plastic parts using the Taguchi method. Material and Manufacturing Processes 26 (2), 202-209.
- Montgomery, D. C. (2008). Design and Analysis of Experiments, 8th Edition, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Oktem, H., Erzurumlu, T., Uzman, İ. (2007). Application of Taguchi optimization technique in determining plastic injection molding process parameters for a thin-shell part. Material and Design 28 (4), 1271-1278.
- Önal, Ş. (2021). Taguchi metodu kullanılarak plastik enjeksiyon kalıplama tekniğiyle üretilen parçadaki çekme probleminde etkili parametrelerin optimizasyonu. Resarcher 1 (1), 48-56.
- Roy, R. K. (2001). Design of Experiments Using The Taguchi Approach: 16 Steps to Product and Process Improvement. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Şirvancı, M. (1997). Kalite için Deney Tasarımı – Taguchi Yaklaşımı. İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Taşgın, Y., Gökkoru, A. (2021). Plastik enjeksiyon üretim bandında kullanılan kalıp ve malzemeden kaynaklı meydana gelen üretim hataları ve giderme yollarının araştırılması. International Journal Pure Application Science 7 (1), 141-151.
- Türkan, B. (2021). Enjeksiyon edilmiş plastiğin soğutulması işleminin optimizasyon çalışması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi 31 (1), 801-808.

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

**Karbon Emisyonuz Çelik Üretimi: Çelik için Yeşil Bir Gelecek**

(Elif Kocaoğlu)

## Karbon Emisyonuz Çelik Üretimi: Çelik için Yeşil Bir Gelecek

**Elif Kocaoğlu**

TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş AR-GE Merkezi, Bursa, Türkiye,  
E-posta: elif.kocaoglu@tofas.com.tr

**Özet:** Demir ve çelik üretimi, CO<sub>2</sub> emisyonlarının ana kaynaklarından biridir. Çelik üretiminde üretilen her bir ton çelik için yaklaşık 2 ton CO<sub>2</sub> salınımı gerçekleşmektedir. Çeliğin %90 geri dönüştürülebilir olmasına rağmen, bu oran küresel emisyonların yaklaşık %7'sini oluşturmaktadır. Dolayısıyla çelik üretimini temizleyebilmek, düşük karbonlu bir geleceğin başlangıcıdır. Mevcut ve 2050 yılına kadar ilave edilebilecek yeni kapasitenin tahmin edilen etkileri, çelik üretiminde "karbonsuzlaşma" konusunun önemini arttırmaktadır ve çelik sektörü, karbondan arındırılması en zor sektörlerden biri olmasına rağmen düşük karbonun potansiyel kullanımı nedeniyle son zamanlarda oldukça ilgi görmektedir. Fakat, bilindiği üzere bu tarz endüstriyel süreçlerdeki önemli değişiklikler ve ticarileşme çok fazla zaman ve kaynak gerektirir. Bu büyük atılımın da çeşitli zorlukları bulunmaktadır. Karbonsuzlaşma kapsamında çelik üretebilmenin iki yolu vardır. Birinci yol, indirgeyici karbon veya kok şeklindeki kömürü hidrojen ile değiştirmektedir. Diğer bir yol ise erimiş oksit elektrolizi kullanmaktır. Çoğu büyük çelik üreticisi, hidrojen bazlı süreç üzerinde çalışmalar yürütmektedir. Bu çalışma demir ve çelik endüstrilerinin karbondan arındırılma süreci ve bu bağlamda hidrojenin gelecekteki rolünü okuyucuya bilgi vermeyi amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** çelik üretimi, CO<sub>2</sub> salınımı, karbonsuzlaşma, hidrojen bazlı süreç

### Giriş

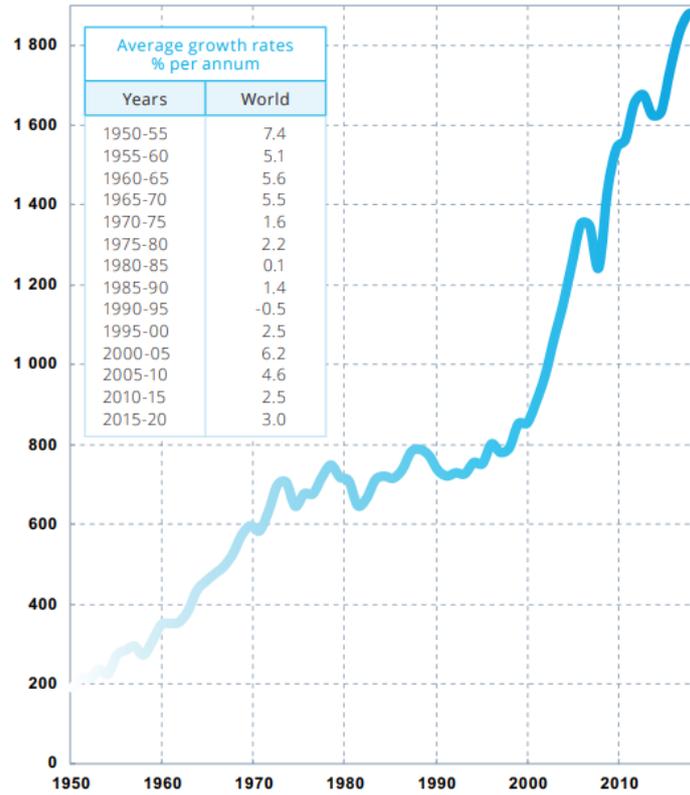
Sanayi sektörleri arasında günlük hayatımızda kullandığımız ürünlerin birçoğunun üretimine öncülük eden demir çelik sanayisi ön plana çıkmaktadır. Güçlü ve aynı zamanda çok yönlü yapısıyla çelik, tüm metaller içerisinde modern dünyada en çok kullanılanlardan biridir. Çelik; arabalar, demiryolları, petrol ve doğalgaz boru hatları, gökdelenler, asansörler, metrolar, köprüler, beyaz eşyalar, kargo gemileri, jiletler, cerrahi neşterler gibi günlük hayatımızın her alanında kullandığımız geniş bir ürün yelpazesinin temel girdisini oluşturmaktadır. Ülkeler istihdam artışını ve ekonomilerinde hedefledikleri büyümeyi yakalayabilmeleri için yatırıma, yatırımlar için ise çeliğe ihtiyaç duymaktadır. Son yılların sanayi devriminin temelini oluşturan çeliğin, önümüzdeki yıllarda da ülkelerin odak noktası olacağı aşikardır. Tablo 1'de Dünya Çelik Birliđinin raporuna göre, 2020 yılında dünya genelinde 1,878 milyon ton ham çelik üretimi gerçekleştirilmiştir. [1] Demir cevherinden oksijenin uzaklaştırılması ve diğer safsızlıkların ortadan kaldırılması ile demir oluşmaktadır. Karbon, geri dönüştürülmüş çelik ve eser miktarda diğer elementlerle birleştii takdirde (nikel, molibden, manganez, titanyum, bor, kobalt veya vanadyum gibi) çelik haline gelen demir, çeliğin kimyasal yapısında öne çıkmaktadır. Çelik en basit haliyle, demir ve %2'den az karbondan oluşur. Karbon, demiri alaşımlamanın en uygun maliyetli yoludur, ancak elementi güçlendirmek ve metale belirli

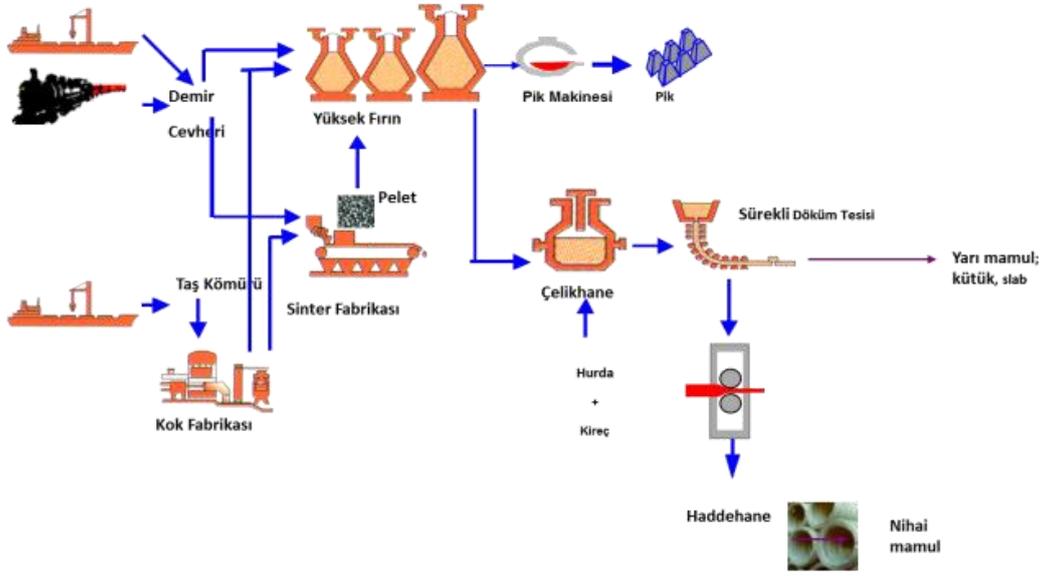
özellikler vermek için diğer metaller kullanılabilir. Çelik alaşıma farklı elemanlar ekleyip çıkartmak malzeme özelliklerini de etkiler. [2]

## 1. Çelik Üretim Yöntemleri

Ham çeliğin üretim sürecinde iki ana yöntem bulunmaktadır. Bunlardan ilki demir cevherinin yüksek fırında ergitilip sıvı demir elde edilmesi ve sonrasında Bazik Oksijen Fırın (BOF) vasıtasıyla çelik üretilmesidir. İkinci yöntem ise Elektrikli Ark Ocaklarında (EAO) çelik hurdanın yüksek ark etkisiyle ergitilip çelik üretilmesidir. Dünya genelindeki ham çelik üretimini bu iki üretim metoduna göre değerlendirdiğimiz takdirde ana girdisi demir cevheri olan BOF tesisleri dünya genelinde üretilen çeliğin %73,2'sini ve ana girdisi çelik hurdası olan EAO ise %26,3'lük kısmına tekabül etmektedir. Türkiye'de kullanılan üretim metotları kıyaslandığında %30,8 oranında BOF tesislerinde %69,2 oranında ise EAO tesislerinin kullanıldığı görülmektedir., tablo 1 [2]

**Tablo 1.** Dünya Ham Çelik Üretimi 1950 - 2020 (milyon ton) [1]

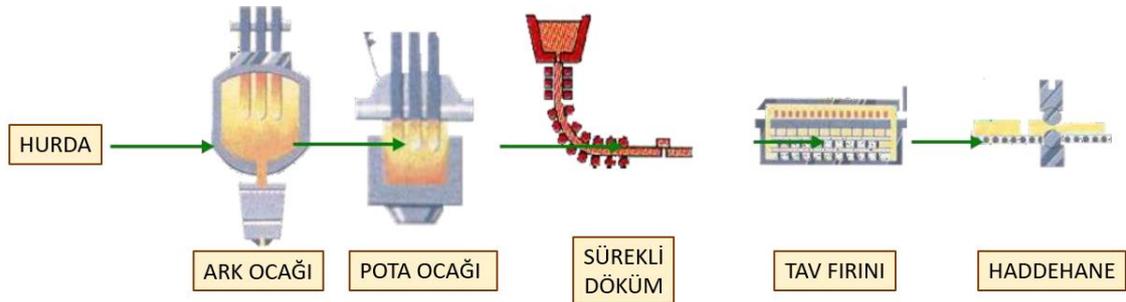




Şekil 1. Entegre Çelik Tesislerinde Üretim Akış Şeması [3]

Bazık Oksijen Fırın (BOF) yönteminde, en fazla tercih edilen üretim yöntemidir. Hammaddesi demir cevheri ve koklaştırılarak yüksek fırın için hazır hale getirilen taş kömürüdür. Toz cevherin yüksek fırın tesislerinde kullanılabilmesi için sinter fabrikasında işlenerek sinter haline getirilmesi gerekmektedir.

Diğer bir yandan demir cevherleri yüksek fırınlı tesislerde kullanılması için pelet tesislerinde pelet haline getirilmektedir. Peletleme, anlamsal olarak termik sertleşmedir ve ince taneciklerin su ve bağlayıcı madde vasıtasıyla toplanarak şekil almasına denir. [3] Peletlenme işleminde demir oksitlerin tanesal olarak birleşmesi ile yapısal bir bağ oluşur. [4] Yüksek fırınlarda pik demir haline gelen bu hammaddeler, çelikhane işleminden geçirilir ve döküm makinelerinde kütük, slab haline gelir. Daha sonrasında haddehanelerde işlenerek nihai ürün oluşur. [3]



Şekil 2. Elektrikli Ark Ocaklı Tesiste Üretim Akış Şeması [3]

Çelik üretiminin bir diğer önemli hammaddesi olan hurda çelikler, daha önceden üretilmiş ve kullanılmış ömrünün sonuna gelen çeliklerdir. Bu çelikler sonsuz kez geri dönüştürülebilirler. Hurda çelik, Elektrikli Ark Ocaklarında (EAO) elektrotlardan geçen elektrik akımı vasıtası ile oluşturulan ark ve ortaya çıkan ısı kullanılarak eritilir. Daha sonrasında ergimiş metale gerekli

alaşım elementleri eklenir ve son olarak sürekli döküm makinelerinden geçirilerek haddehanede işlenip nihai ürün elde edilmesi sağlanır. [3]

## 2. Çelik Üretiminde CO2 Emisyonu

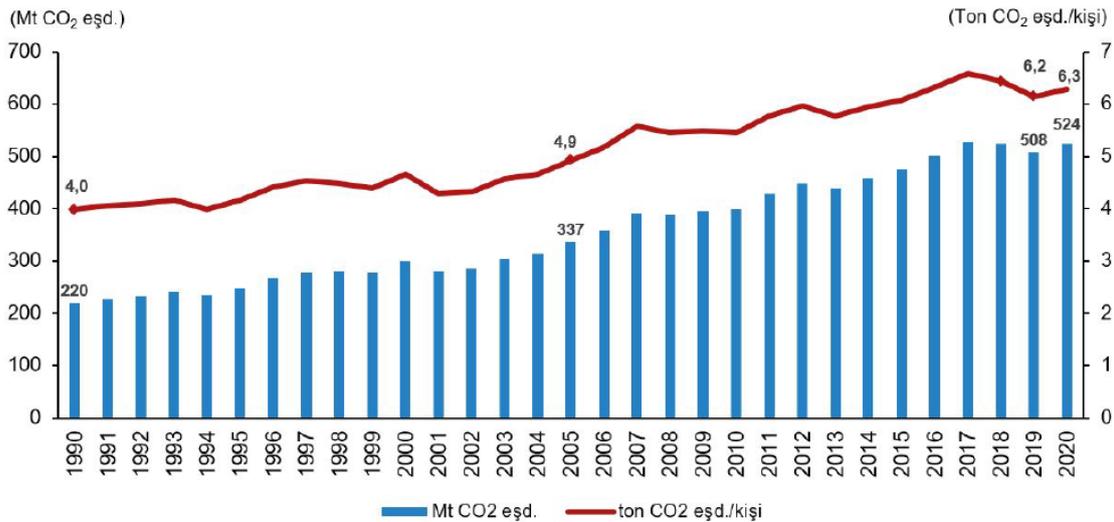
Son yıllarda üretimdeki hızlı artış, kullanılan enerji ve hammadde artışı beraberinde çevre kirliliğine, küresel ısınmaya neden olmuştur. Tüm sanayi sektörleri göz önüne alındığında, çelik üretiminde ortaya çıkan karbon emisyonu oranı da göz ardı edilemeyecek seviyededir. [5]

2015'te Dünya ülkelerinin neredeyse tamamının kabul ettiği Paris İklim Antlaşması, küresel sıcaklık artışını 1,5 derecede tutmayı, 4. maddesine istinaden artan küresel emisyonları 2030 yılında %45'in altına indirmeyi, 2050 yılında ise sıfırlamayı hedefleyen bir anlaşmadır. Bu anlaşma iklim değişikliği mücadelesinde Dünya için önemli bir yere sahiptir. Anlaşmayı kabul eden ülkeler sera gazlarını ve küresel ısınmayı, bu hedefler doğrultusunda, nasıl azaltacakları ve sınırlayacakları hakkında çalışmalara ve yol haritalarını çizmeye başlamışlardır. [6]

Demir çelik endüstrisi mevcut CO2 emisyonlarının yaklaşık %7-8'ini oluşturmaktadır. [7] Çelik üretiminde üretilen her bir ton çelik için yaklaşık 2 ton CO2 salınımı gerçekleşmektedir. [2] Dolayısıyla çelik üretimindeki karbon emisyonunu indirgeyebilmek düşük karbonlu bir gelecek için büyük önem arz etmektedir. Fakat, demir çelik endüstrisi karbondan arındırılması zor sektörlerin arasında yer almaktadır. [8]

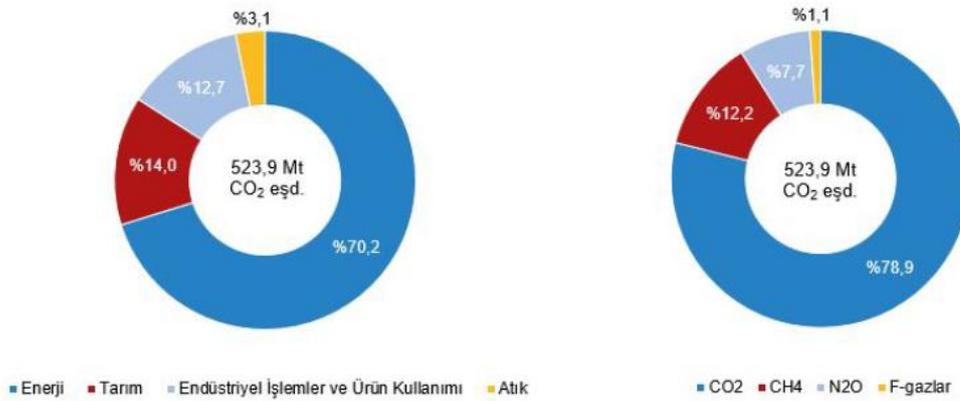
Türkiye İstatistik Kurumunun yayınladığı Tablo 2'ye göre, 2020 yılında toplam sera gazı emisyonu bir önceki yıla oranla artmıştır. 1990 yılında kişi başı sera gazı emisyonu 4,0 ton olarak belirtilirken 2020 yılında 6,3 ton olarak hesaplandığı görülmektedir. [9]

**Tablo 2.** 1990-2020 yılları arası toplam ve kişi başı sera gazı emisyonu [9]



Toplam sera gazı emisyon yüzdeleri sektör bazlı incelendiği takdirde, 2020 yılında en büyük payı %70,2 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken; bu sektörü sırasıyla tarım, endüstriyel işlemler ve son olarak atık sektörü takip etmektedir. [9] Bu kapsamda, düşük karbona geçiş sürecindeki öncelikli sektörler arasında demir-çelik sektörü de bulunmaktadır.

**Tablo 3.** Sektörlere Sera Gazı Emisyon Oranları & Gazlara Göre Sera Gazı Emisyon Oranları [9]



### 3. Demir Çelik Üretimi Teknolojisinde Hidrojen Atılımı

19. yüzyılda, günümüzdeki demir çelik üretiminde de olduğu gibi yüksek fırınlar kullanılmaktadır. Bilindiği üzere yüzyıllardır süre gelen endüstriyel süreçlerde iyileştirmeler, önemli değişiklikler ve ticarileşme için çok fazla zaman, kaynak ve yatırım gerektirmektedir. Bu büyük atılımların da çeşitli zorlukları bulunmaktadır.

Karbon, yüzyıllardır çelik üretiminde ısıtma için bir yakıt, indirgeyici bir madde ve bir alaşım maddesi olarak kullanılır. Fakat, Paris Anlaşması ile birlikte tüm dünyanın “karbonsuzlaştırma” ihtiyacına odaklandığını söylemek mümkündür. [10]

SSAB, LKAB ve Vattenfall AB isimli üç İsveç şirketi ilk fosilsiz çelik üretimi için değer zinciri yaratmayı hedeflemektedir. SSAB çelik üretiminde, LKAB madencilik sektöründe Vattenfall AB ise enerji sektöründe öncü şirketlerden biridir. Bu şirketler kısıltması HYBRIT olan ” *Hydrogen Breakthrough Ironmaking Technology*” - “ *Hidrojen Çığır Açan Demir Üretim Teknolojisi*” olarak adlandırılan çelik üretim sürecinde, kömürü hidrojenle değiştirmeyi amaçlayan ortak bir girişimdir. [11]



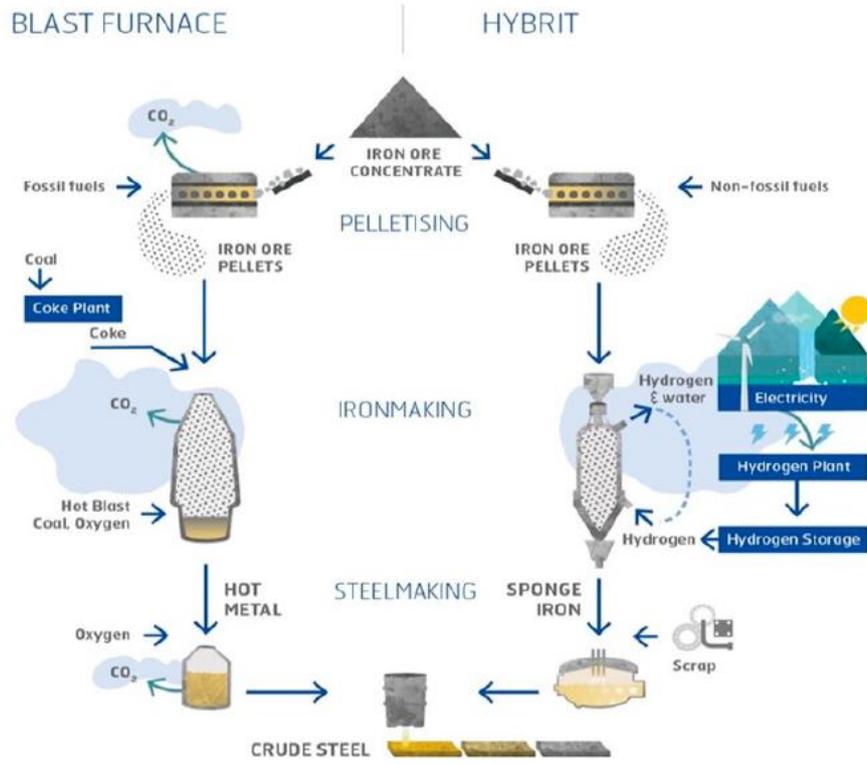
**Şekil 3.** Küresel Çelik Talebi ve 2050'de CO<sub>2</sub> Emisyonlarında Gerekli Azalma [11]

Hidrojen bazlı süreç atılım ile, Şekil 3'ten de anlaşılacağı gibi, çelik endüstrisinden kaynaklanan emisyonun 2050 yılında 400-600 milyon ton seviyesine düşmesi, beklenen üretim kapasitelerinin de artması beklenmektedir. [11]

#### 4. Hidrojen Bazlı Proses ile Çelik Üretim Aşamaları

Hidrojen bazlı süreçte hedeflenen yüksek fırın tabanlı çelik üretiminde kullanılan kok kömürü ve fosil yakıtların yerini almaktır. Bunu da yenilenebilir elektrikle oluşturulan hidrojen ile yapmayı hedeflemektedir. Daha önce de değinildiği üzere çelik, geri dönüşüm veya hammadde olarak demir cevheri kullanılarak üretilmektedir. [12]

Şekil 4'te görüldüğü üzere hidrojen bazlı süreçte hammadde, demir cevheri peletleri halindeki demir cevheridir. Daha fazla işlenmek üzere madenlerden çıkarılan cevher zenginleştirilir ve sinterlenerek demir cevheri topraklarına dönüştürülür. Günümüzde sinterleme fosil yakıtlar ile yapılmaktadır fakat, hidrojen atımlı HYBRIT üretim prosesinde sinterleme işlemi biyoyakıtlar kullanılarak tamamlanır. Demirin oksijen ile birleşmesiyle oluşan okside demir cevheri adı verilir. Geleneksel yöntem ile üretilen çelik üretim prosesinde çelik üretebilmek için oksijenin cevherden ayrıştırılması gerekir. Yüksek fırınlarda karbon ve kok kullanılarak uzaklaştırılan oksijen, hidrojen bazlı üretim prosesinde demir cevherinden oksijenin fosil içermeyen hidrojen kullanılarak çıkarılması anlamına gelmektedir. Demir cevheri indirgenmesi için bir şaft fırını kullanılmaktadır. [11,12]



**Şekil 4.** Yüksek Fırın ve HYBRIT (Hidrojen Çıgır Açan Demir Üretim Teknolojisi) Üretim Prosesi [12]

Hidrojen bazlı süreçte demir cevheri toprakları ile aynı şekilde sahip katı bir ürün olan sünger demir oluşur. Sünger demir daha sonra EAO'nda eritilir. Fosil içermeyen elektrik kullanılarak ve fosil karbon yerine fosil olmayan katkı maddelerinin kullanımı artırılarak süreç fosilsiz hale getirilir. Özetlemek gerekirse; işlem demir cevherinin peletlenmesi, demir oksitlerin demire indirgenmesi ve ham çelik üretimi dahil olmak üzere çelik üretim aşamalarının tümünde CO2 emisyonlarını azaltmayı hedeflemektedir. [11,12] Kısacası hidrojen bazlı HYBRIT teknolojisi, demir cevherinden oksijeni çıkarmak için karbonu ve koku kullanan yüksek fırın sürecini, fosilsiz enerji kaynaklarından elektrik kullanarak sudan üretilen fosilsiz hidrojeni kullandığımız doğrudan indirgeme süreciyle değiştirmeyi içeren bir prosestir. Çıktı olarak karbondioksit yerine su buharı oluşur.

Bu modelde sektörün karşısına çıkacak engellerden biri sudan elektroliz ile hidrojen elde etmenin maliyetidir. Ayrıca hidrojeni çelikte kullanımının önündeki engelleyici diğer bir faktör hidrojenin verimli ve güvenli koşullar altında depolamaktır. Dolayısıyla çelik sektöründe karbonsuzlaşmaya gidilirken uygun altyapının oluşturulması gerektiği dikkat çekmektedir. [2]

## 5. Sonuç

Çelik sektörü düşük karbonlu geleceğe geçiş aşamasında önemli role sahiptir ve karbonsuz bir geleceğin anahtarıdır. Hedeflenen emisyon azaltım değerlerinin yakalanabilmesi için üretim teknolojilerinde köklü bir değişime, sektörlerde ciddi yatırım ve kaynağa ihtiyaç duyulmaktadır.

## 6. Kaynaklar

- [1] Dünya Çelik Birliği, 2021 World Steel in Figures (2021)
- [2] Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği (SEFiA), (Şubat 2022), Çelik Sektörü Raporu: Üretim, Ticaret ve Karbonsuzlaşma Süreci
- [3] Nazilli Ticaret Odası (2021). Demir – Çelik Sektör Raporu 2021
- [4] Necati Yıldız, (Mart 1990). Demir Cevherinin Peletlenmesi
- [5] İsmail Çağrı Keskin (2022). Çelik Sanayisinde Sürdürülebilirlik Kaygıları: Sürdürülebilir Çelik Üretimine Dair Bir Araştırma
- [6] İPM – İstanbul Politikalar Merkezi (nd), Türkiye'nin Karbonsuzlaşma Yol Haritası / 2050'de Net Sıfır
- [7] Yongqi Sun ve diğerleri (2022) Decarbonising the iron and steel sector for a 2 °C target using inherent waste streams
- [8] EPRS | European Parliamentary Research Service (2021), Carbon-free steel production- Cost reduction options and usage of existing gas infrastructure
- [9] Türkiye İstatistik Kurumu / TÜİK (2022), Sera Gazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2020
- [10] Sürdürülebilir Ekonomi ve Finans Araştırmaları Derneği (SEFiA), Türkiye Çelik Sektörü Raporu: Üretim, Ticaret ve Karbonsuzlaşma Süreci
- [11] Martin Pei ve diğerleri (2020), Toward a Fossil Free Future with HYBRIT: Development of Iron and Steelmaking Technology in Sweden and Finland
- [12] Mark Peplow (2021), Chemical & Engineering News Can industry decarbonize steelmaking? <<https://cen.acs.org/environment/green-chemistry/steel-hydrogen-low-co2-startups/99/i22>>

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Endüstriyel Sistemlerde Veri Madenciliği Yaklaşımlarının Kullanımı  
ve Bir Uygulama

(Esengül Gürbüz, Mehmet Akansel)

## Endüstriyel Sistemlerde Veri Madenciliği Yaklaşımlarının Kullanımı ve Bir Uygulama

**Esengül Gürbüz<sup>1</sup>, Mehmet Akansel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa,  
E-mail: 502006023@ogr.uludag.edu.tr

<sup>2</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bursa,  
E-mail: akansel@uludag.edu.tr

---

**Özet:** Üretim sektörlerinde süreçlerin iyileştirilmesi ve maliyetlerin azaltılması büyük önem taşımaktadır. Kârlılığın artırılması amaçlanırken süreçlerin sorunsuz bir şekilde sürdürülmesi hedeflenmektedir. Bu nedenle, süreç iyileştirme çalışmalarında veri madenciliğinin kullanılması hangi etkenlerin öncelikli olduğuna ilişkin uygulamaları önemli bir bilgi sağlamaktadır. Kullanılan yöntemler de teknolojinin ilerlemesiyle birlikte her geçen gün değişip gelişmektedir. Bu çalışma kapsamında endüstriyel sistemlerde yaygınlaşmakta olan veri madenciliği yaklaşımlarının sistematik biçimde kullanılmasına uygulanmasına ilişkin temel adımların tanımlanması ve bir örnek sunulması hedeflenmektedir.

Bu çalışma kapsamında incelenecek sayısal veriler bir üretim işletmesinden derlenecektir. Elde edilen veriler, araştırma sorularının yanıtlanması ve hipotezlerin doğruluğunun test edilmesinde kullanılacaktır. Ele alınan problemin kabul edilebilir biçimde çözümlenmesi için dikkate alınması gereken varsayımlar ve gereksinimler belirlenecektir. Problemin uygun bir çözüme kavuşturulması için olası metotlar değerlendirilecek ve etkin bir çözüm sağlayan yöntem tercih edilecektir. Çalışmada, endüstriyel bir sistemde veri madenciliği yöntemleri karşılaştırmalı olarak kullanılacaktır. Çeşitli öznitelikler dikkate alınarak oluşturulan veri seti, veri ön işleme adımları ile uygun hale getirilecektir. Çalışmanın kapsamına uygun olarak belirlenecek veri madenciliği yöntemlerinden gözetimli öğrenme algoritmaları veri setine uygulanacaktır. En iyi performansla sahip yöntem ile problem çözümünün elde edilmesi ve mevcut sürecin iyileştirilmesi hedeflenecektir. Bu çalışma, üretim sistemlerinde veri madenciliği yöntemleri ile bir üretim sisteminin verileri kullanılarak var olan çalışmalara bir yenisinin eklenmesi ve literatüre bu alanda katkı sağlanması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** veri madenciliği, üretim süreçleri, kalite, veri görselleştirme, tahminleme

---



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Anti-Pinch Systems Definition And Applications In Automotive  
Industry

(Furkan Melih Efe)

## Anti-Pinch Systems Definition And Applications In Automotive Industry

**Furkan Melih Efe**

ARGE Merkezi

TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.

Bursa / Türkiye

(furkan.melihefe@tofas.com.tr)

---

### Abstract

Since vehicles have been becoming an important part of human life everyday, car manufacturers started producing the cars equipped with more technologies and customer-oriented comfort features. Most of these features and technologies were to automate the movement of the various parts such as seats, window lifter, liftgate and sunroof. The automatic parts, while performing the functions of opening, closing and the movement in different directions, brought with them the accidents of compression, crushing and injury to human limbs. Against these kind of accidents, new safety regulations have been developed that prevent human injuries caused by the automatic parts. Some of the regulations include the safety precautions against pinch cases. In the automotive industry, systems supported by various sensors such as force sensor, hall effect sensor etc. and the systems that monitor the current consumption of the moving parts are used to comply with these regulations or standards. In this study, anti-pinch system applications will be analyzed in two different categories as direct pinch sensing systems and indirect pinch sensing systems, the working principle of the different anti-pinch systems will be explained and the anti-pinch system applications that have been used in the automotive industry will be mentioned.

**Key Words:** anti-pinch systems, sensors, safety, automotive

---

### 1. What is Anti-pinch?

Anti-pinch system is a vehicle safety technology that prevents human body from injuries and damages caused by the pinch cases.



**Fig. 1.** Pinch case example

## 2. Working Principle of Anti-pinch Systems

In the automotive industry, anti-pinch systems are managed with sensors that require mechanical contact between a moving object and an obstacle or object on its path. The sensors used can be divided into two categories; direct pinch sensing systems, where a sensor is in direct interaction with an obstacle or object, and indirect pinch sensing systems, where the performance of the motor is monitored to detect abnormal behavior in various motor parameters such as the angular velocity, torque or current.

### 2.1. Direct Pinch Sensing System

Direct pinch sensing system measurements are obtained by monitoring the physical movement of the object. The measurements are used to detect the pinch cases by using sensors such as force sensors, ultrasonic sensors and capacitive sensors

#### 2.1.1. Force Sensors

Force sensors can be used for a basic understanding of a direct pinch sensing system for anti-pinch applications. These sensors are used to monitor impact forces in the automotive industry.

Force sensors are a type of transducer. They convert an input mechanical force such as load, pressure, weight, tension, compression into another physical variable, in this case, into an electrical output signal that can be measured, converted and standardized. Such sensors consist of electrodes and sensing film. Force-sensing resistors are based on contact resistance. These contain a conductive polymer film, which changes its resistance in a predictable way once force is applied on the surface. This film includes non-conducting, micrometer sized, and electrically conducting particles, which are arranged in a matrix. If force is applied to the film's surface, micro-sized particles touch the sensor electrodes, which change the film's resistance. The amount of change alters the resistance value that provides a measure of the applied force.

Pinch detection can be done through direct pinch sensing of the physical movement of the object under the pinch force. The movement is detected by placing a force or pressure sensor inside a seal which comes in contact when an object presses against the seal surface. Pinch cases are detected according to movement observation by the microcontroller which receives the movement information from the output of the sensor.



Fig. 2. Force sensor

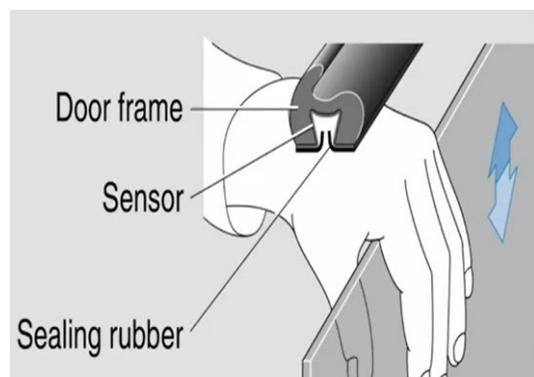


Fig. 3. Direct pinch sensing system example

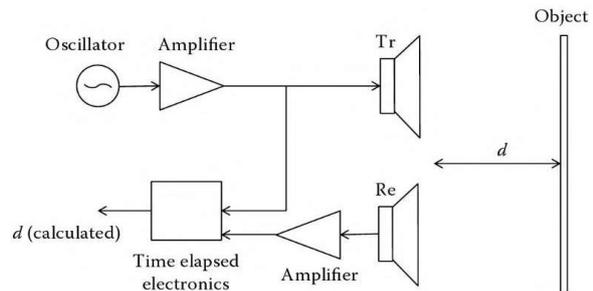
### 2.1.2. Ultrasonic Sensors

These sensors use ultrasonic sound waves to detect the presence of objects in their vicinity. Sound waves are termed as ultrasonic when they have a frequency greater than 20 kHz, which is above the range of ‘sonic’ frequencies audible to humans. Ultrasonic sensors use the time-of-flight technique to determine the distance of a target object. A transmitting ultrasonic transducer sends a burst of ultrasonic sound waves, which get reflected from the target object’s surface. These reflected waves are called the echo. The echo is then picked up by a receiving ultrasonic transducer. The difference between the time of sending the waves and the time when the echo was received is measured. Since the speed of sound waves in the traveling medium is known, the distance of the target object can be calculated.

Since the distance of the target surface can be determined in a short interval of time, it can also be used as an input for pinch detection. A microcontroller can be used to track the distance of the target. When the user initiates the movement, the distance values must increment gradually. In an expected behavior, which can be continuously verified by the microcontroller. If an abnormal change in the distance is detected, it would mean that there is an unexpected object in the path of the moving object which could get pinched. When this occurs, the microcontroller can stop the movement, preventing the pinch case.



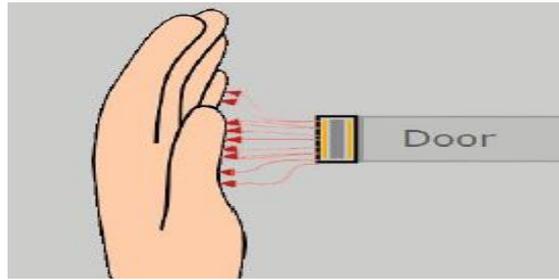
**Fig. 4.** Ultrasonic Sensor



**Fig. 5.** Principle of an ultrasonic distance measurement system

### 2.1.3. Capacitive Sensors

Capacitance is referred to as the ability of a system to store electrical energy or charge. Capacitance is measured by a capacitive sensor. Capacitive sensors can be used to detect the presence of objects without requiring mechanical contact as shown below. Capacitance-based proximity sensors rely on the changes to the frequency of an LC tank circuit, which is connected to a metal plate. A change in the oscillator frequency occurs when the target object moves within the capacitor’s electrical field. The changed frequency can be detected by a microcontroller unit and mapped to the relative or absolute position.



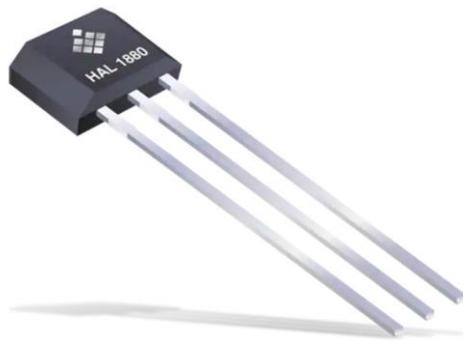
**Fig. 6.** Changes in the electrical field of the capacitive sensor can detect presence of a human body part

## 2.2. Indirect Pinch Sensing Systems

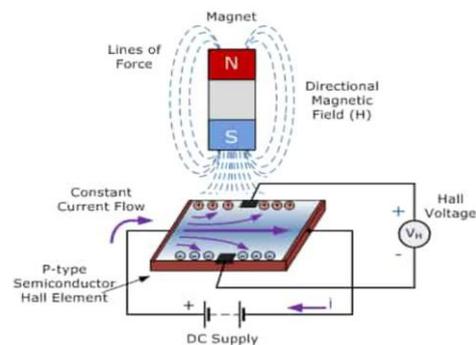
Indirect pinch sensing system measurements are obtained by monitoring the motor performance parameters such as current, angular velocity and torque. The measurements are used to detect the pinch cases. Two leading technologies for indirect pinch sensing systems are Hall sensors and shunt resistors. These technologies are more commonly used in automotive industry compared to direct pinch sensing system technologies.

### 2.2.1. Hall-effect Sensor

One of the most common methods to detect pinch cases in automotive is to use a sensor that measures the Hall effect. Hall effect is the production of a voltage across an electrical conductor that is transverse to an electric current in the conductor and to an applied magnetic field perpendicular to the current. Hall effect sensor is used to measure the hall effect. A Hall effect sensor is a type of sensor which detects the presence and magnitude of a magnetic field using the Hall effect. In a Hall effect sensor, a current is applied to a thin strip of metal. In the presence of a magnetic field perpendicular to the direction of the current, the charge carriers are deflected by the Lorentz force, producing a difference in electric potential (voltage) between the two sides of the strip. This voltage difference (the Hall voltage) is proportional to the strength of the magnetic field.



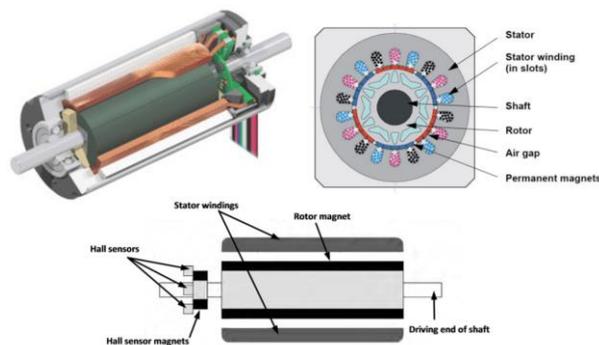
**Fig. 7.** Hall effect sensor



**Fig. 8.** Hall effect sensor working principle

Hall effect sensors are used to calculate the motor speed in order to detect the pinch cases. The sensors are located close to poles or shaft of the DC motor which manages the movements. When a motor pole passes close to a hall effect sensor, the magnetic field density increases. This change in the magnetic field is then converted to an digital or analog electric pulses in terms of voltage by the sensor and processed by the control unit. Since number of the poles are known, the rotational velocity of the motor is calculated by measuring the width of and interval between the pulses and can be considered as reference speed value.

The control units monitors the motor speed according to the signals that are received from the hall effect sensor continuously. When an obstacle is present in the direction of motor movement, the obstacle slows down the motor and the motor speed reduces. In this case, the control unit compares instantaneous speed value with the reference speed value present in it's memory and detects the pinch case.



**Fig. 9.** Hall Effect Sensor Location on the DC Motor

### 2.2.2. Shunt Resistor

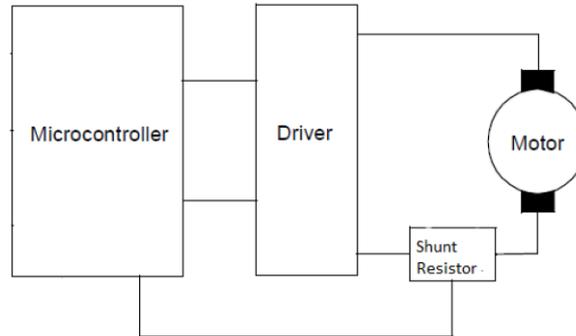
Another indirect pinch sensing method that is widely used to detect pinch cases is current sensing. Current based anti-pinch system's working principle is based on the current change of the DC motor. The pinch cases can be detecting by monitoring the current flowing through the motors. There are several way to measure the current and the most common way is shunt resistor due to their low cost and best accuracy.

Shunt resistors are devices used to gauge the flow of current. They detect and convert current to a measured output voltage. Current sense resistors are generally low-value, high-power resistors.

A shunt resistor applies the same principle as a normal resistor, but is specialized for current measurement. By supplying a current to be measured through a shunt resistor with a known resistance and measuring the voltage across the shunt resistor, the current value that was supplied can be calculated by using Ohm's law. Shunt resistors are generally positioned in-line on the conduction path between the power source and the load.

In the anti-pinch applications, when there is an obstacle on the path of the motor and the motor touches the obstacle, the DC motor gets load disturbance because of the obstacle that made the DC motor current rise. Current value which measured on shunt resistor in this case is larger

than the normal DC motor current value. Since the current value received from shunt resistor is over the threshold current value defined in the software of the control unit microcontroller, the anti-pinch system is activated.



**Fig. 10.** DC Motor Block Diagram

### 3. Anti-pinch System Applications in Automotive Industry

With the help of developing technology, most of parts used in vehicles were automated in order to increase the customers comfort. The automation of these parts brought with them the accidents of compression, crushing and injury to human limbs. In order to prevent such accidents, anti-pinch systems were developed and implemented to different parts of the vehicles.

#### 3.1. Power Tailgate

Power tailgates are the tailgates that can be opened and closed automatically by a switch located on it or by a key fob. When switch is pressed by the customer, the DC motor is powered and tailgate starts moving inward or outward in order to open or close itself. Tailgate may damage human limbs and cause injuries during automatic closing or opening. In order to prevent such injuries, anti-pinch applications were developed and implemented to power tailgates.

The most widely used anti-pinch system applications are the force and capacitive sensors for power tailgates. During the closing of the power tailgate, existence of an object in the direction of the movement is monitored by a control unit according to the output coming from sensors. When an obstacle or object is detected, the movement is either stopped or moved in the opposite direction (opening process) by a control unit depending on the requirements of the vehicle manufacturer.

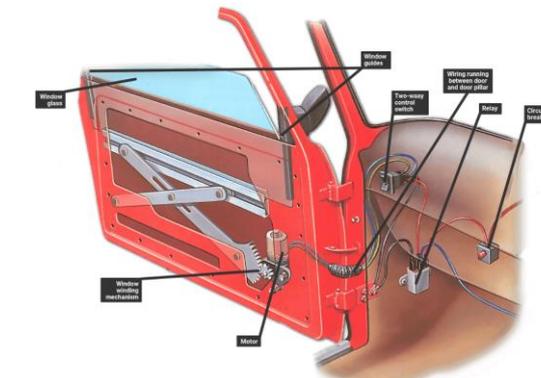


**Fig. 11.** Power Tailgate Activation Methods

### 3.2. Power Window

Power windows are vehicle windows that can be managed by a switch located on the door panel. The windows can be raised or lowered automatically by pressing down or pulling up the switch for a few seconds. When the switch is pressed down or pulled up by the customer, the DC motor is powered and the window mechanism that is connected to DC motor starts moving in up or down direction. These automatic movement may cause fatal accidents or injuries such as pinch of the children's neck or fingers. In order to prevent such mishaps in the power windows, anti-pinch applications were developed and implemented to power windows.

The most widely used anti-pinch system applications today are force sensors, hall effect sensors and shunt resistors for power tailgate. During the closing of the power window, the DC motor speed or current consumption or the existence of an object in the direction of the movement are monitored by a control unit according to the output coming from related sensor used in the application (force sensor or hall effect sensor or shunt resistor). When a force caused by a pinched object is detected or when a slowdown of the motor speed is observed or when increment in the motor current consumption is observed, anti-pinch system is activated by a control unit and window movement is either stopped or moved in the opposite direction (opening process) by a control unit depending on the requirements of the vehicle manufacturer.



**Fig. 12.** Typical power window system

### 3.3. Sunroof

The movable element used to reveal and close an opening in the roof of the vehicle is called the sunroof. A sunroof moves frontward and rearward horizontally and can be opened or closed automatically with the help of DC motor when a switch located on the overhead console is pressed. These automatic movement may cause accidents or injuries. In order to prevent such accidents, , anti-pinch applications were developed and implemented to sunroof.

The most widely used anti-pinch system application today is hall-effect sensor for sunroof. Motor speed is monitored by the control unit according to output of the hall- effect sensor during the sunroof movement. When an obstacle is present in the direction of the movement, sunroof motor slows down and the decrease of the speed is detected by the control unit so anti-pinch system is activated and sunroof movement is either stopped or moved in the opposite direction.

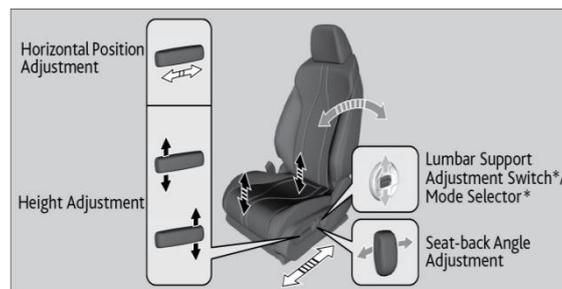


**Fig. 13.** Typical sunroof system

### 3.4. Power Seats

Electrically supported, memory seats have become widespread in many models nowadays. Electrically supported seats are systems in which the driver or passenger can adjust the seat height, seat horizontal position, lumbar support, bolster support and position of the recliner with the help of DC motors. These adjustments are made by the switches located at side of the seat or on the door panel and can be saved in the memory in order to recall the saved adjustments later on. In addition to this, seat systems have some automatic functions such as easy entry and easy exit present especially in coupe vehicle. Easy entry is the function that allows the passenger to sit at the back side giving more space by front seat movement in frontward direction. Likewise, easy exit is another automatic seat functionality that allows the driver to exit from the vehicle providing more space by front seat movement in rearward direction. These automatic seat movements may cause leg or finger injury of the passenger sitting at the back side. In order to prevent such injuries, anti-pinch applications were developed and implemented to seat systems.

The most widely used anti-pinch system applications today are hall-effect sensor and shunt resistor for power seats. Motor speed is monitored according to output of the hall-effect sensor during the seat movement as well as motor current consumption is monitored over shunt resistor by the control unit. When an obstacle touches the seat, the motor that moves the seat horizontally slows down and current consumption of the motor increases. In this case motor speed is lower than nominal speed value and current consumption is above the nominal current consumption value of the motor. When these two conditions are detected, the anti-pinch system is activated by the control unit and seat movement is either stopped or moved in the opposite direction depending on the requirements of the vehicle manufacturer.



**Fig. 14.** Seat position adjustment system

#### 4. Conclusion

With the developing technologies and innovations, automotive manufacturers equipped with customer-oriented comfort features in order to make human life comfortable and easier. For this purpose, many of the parts were automated and the automation brought with it various accidents. In order to prevent and minimize the accident, several security systems were developed and implemented to the automated parts in vehicles such as power tailgate, power window, sunroof, and power seats. One of the most popular security systems is anti-pinch systems.

In this study, anti-pinch systems were categorized as direct pinch sensing systems and indirect pinch sensing systems. Direct pinch sensing systems are the systems that measure some parameters by monitoring the physical movement of the object and several direct pinch sensing systems were developed with the help of various sensors such as force sensor, capacitive sensor and ultrasonic sensor. Otherwise, indirect sensing systems are the systems that measure some parameters by monitoring the motor performance and various sensor based indirect pinch sensing systems were developed such as hall effect sensor based, shunt resistor based. In automotive industry, both direct and indirect-pinch systems are used but the most widely used systems are hall effect sensor based and shunt resistor due to reliability, good performance and low cost.

#### References

- Development of an Anti-Pinch System for Passenger Vehicles, Marcus Bohlin, Gunjan Nagpal, 2020
- Automatic Threshold on Current based Anti-pinch Mechanism for Power Windows, Wahyu Kunto Wibowo, Seok-Kwon Jeong, Sam-Sang You, Jaemin Lee, 2018
- Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook: Electromagnetic, Optical, Radiation, Chemical, and Biomedical Measurement, John G. Webster, 2017
- Motor Control Sensor Feedback Circuits, Jim Lepkowski
- Anti-Pinch System for Power Window Based on Current Information, Wahyu Kunto Wibowo, S. K. Jeong, J. S. Kum and S. S. Park, 2011
- Anti-Pinch System for Electrical Window, Atmel
- Anti-Pinch System Using Publication Classification Pressure-Sensitive Rubber, Leslie Joseph Marentette, 2006
- Design and development of DC high current sensor using Hall-Effect method, Sasti Dwi Tungga Dewi, C. Panatarani, 2016
- BLDC Motor Control with Hall Effect Sensors Using the 9S08MP, NXP, 2010

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

GCE/rGO Elektrot Üzerinde CO<sub>2</sub>'in Elektrokimyasal Olarak  
İndirgenmesi

(Gizem Çelik, Kumru Rende, Didem Balun Kayan, Pınar Ergenekon)

## GCE/rGO Elektrot Üzerinde CO<sub>2</sub>'in Elektrokimyasal Olarak İndirgenmesi

Gizem Çelik<sup>1</sup>, Kumru Rende<sup>1</sup>, Didem Balun Kayan<sup>2</sup>, Pinar Ergenekon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gebze Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, 41400 Kocaeli, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Aksaray Üniversitesi, Kimya Bölümü, 68100 Aksaray, TÜRKİYE

**Özet:** Karbon emisyonlarının en önemli kaynaklarından birisi, fosil yakıtların sürekli ve yaygın olarak kullanılmasıdır. Sanayi devreminde önce atmosferdeki CO<sub>2</sub> konsantrasyonu 270 ppm iken şimdilerde bu rakam 418 ppm'e kadar yükselmiştir. Atmosferdeki sera gazları arasında yaklaşık %80'lik bir paya sahip olan CO<sub>2</sub>, iklim değişikliği gibi ciddi çevre sorunlarına neden olmaktadır. Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını azaltmak için genel olarak dört yöntem bulunmaktadır: (1) mevcut enerji üretim proseslerinin verimliliğinin artırılması; (2) enerji üretimi için karbon içermeyen veya düşük karbonlu kaynakların kullanılması; (3) CO<sub>2</sub>'in yakalanması ve depolanması (CCS); ile (4) CO<sub>2</sub> 'in yakalanması ve ürüne dönüştürülmesi (CCU). Bahsi geçen son iki yaklaşımın, atmosferdeki CO<sub>2</sub>'in azaltılması için kullanılacak en verimli teknikler olduğu düşünülmektedir. Ancak CCS tekniğinde, yakalanan CO<sub>2</sub>'in atmosfere geri sızma riski oluşmaktadır. Bu kapsamda, CCU tekniği birçok avantajı nedeniyle, iklim değişikliğine yönelik sorunları ele almak adına umut verici bir arayıştır. Bu teknik ile CO<sub>2</sub>'ten formik asit, asetik asit, formaldehit vb. hidrokarbonlar üretilebilmektedir. Bu ürünler, hem yakıt hem de kimya, ilaç ve polimer sanayinde hammadde veya yardımcı hammadde olarak da kullanılabilir. Örneğin formik asit, CO<sub>2</sub> indirgenmesi (CO<sub>2</sub>RR) ile üretilebilecek önemli katma değerli kimyasallardan biridir. Diğer asitlere göre daha çevre dostu olup biyolojik olarak kolayca parçalanabilmektedir. Ayrıca formik asit, herhangi bir kalıntı bırakmadan buharlaşabildiğinden yoğunlukla deri üretimi, kauçuk üretimi ve tekstil boyamada kullanılmaktadır. CO<sub>2</sub>'in elektrokimyasal yöntemlerle formik asit/formata (3'ten yüksek pH'larda, format iyonu (HCO<sub>2</sub><sup>-</sup>) formundadır, bu nedenle format ve formik asit birbirinin yerine kullanılmaktadır) dönüştürülmesi son yıllarda yoğun olarak çalışılan bir konudur. Elektrokataliz yöntemi CO<sub>2</sub> indirgenmesi açısından hızlı elektron transfer oranı dalayısıyla güçlü bir role sahiptir. Ancak zayıf seçicilik ve düşük Faraday verimi bu konudaki çalışmaların artırılması gerektiğini göstermektedir. Bu kapsamda son yıllarda karbon-bazlı nanomalzemeler de verimli katalizörler geliştirmek üzere kullanılmaya başlanmıştır. Bu malzemeler arasından grafen ve türevleri yüksek yüzey alanı sağlamaları ve fonksiyonel grupları dolayısıyla oldukça ilgi çekmektedir.

Bu çalışmada seçici bir elektrokatalizör geliştirilmesine yönelik ilk aşama olarak camsı karbon elektrot (GCE) ve indirgenmiş grafen oksitden (rGO) oluşan bir yüzey geliştirilmesi amaçlanmış olup Faraday verimi ve akım yoğunluğu değerleri hesaplanarak elektrotların CO<sub>2</sub>RR performansı değerlendirilmiştir. Öncelikle GCE yüzeyi 0.05 µm alümina tozu ile mikro bez üzerinde polisaj işlemi yapılarak temizlenmiştir. Daha sonra distile su ile yıkanan GCE yüzeyi, ultrasonik banyoda 5 dakika boyunca etanol-distile su çözeltisinde tutulmuş olup distile su ile durulanmıştır. GCE yüzeyi hem drop-casting metot (damlatma) hem de elektrokimyasal metot olmak üzere iki farklı şekilde rGO filmi ile kaplanmıştır. Damlatma yönteminde 3 µL grafen oksit (GO), GCE'nin tüm yüzeyi kaplanacak şekilde damlatılmış olup etüvde 60 °C'de 15-20 dk kurutulmuştur. Daha sonra GO uygulayıp kurutulmuş elektrot 0,1 M fosfat tamponu içinde (pH=7) daldırılarak -0,9 V vs. Ag/AgCl sabit potansiyelde 900 sn. indirgenme gerçekleştirilerek GCE/rGO

elektrot elde edilmiştir. Ancak yüzeydeki rGO tabakasında atma olduğundan damlatma yöntemiyle elde edilen elektrot üzerinde elektroliz işlemi gerçekleştirilmemiştir. İkinci yöntemde rGO filmi, GCE yüzeyinde +0,6 V ila -1,6 V aralığında,  $50\text{mVs}^{-1}$  tarama hızında 20 döngü boyunca Dönüşümlü Voltametri (CV) tekniği ile oluşturulmuştur. Temiz GCE yüzeyi üzerinde, doğal bir polimer olan kitosan varlığında farklı konsantrasyonlarda GO çözeltileri ( $0,1\text{mgmL}^{-1}$ ;  $0,25\text{mgmL}^{-1}$ ;  $0,4\text{mgmL}^{-1}$ ) kullanılarak GCE/rGO yüzeyleri oluşturulmuştur. Elde edilen 3 farklı GCE/rGO elektrot su içerisinde 10 dk bekletildikten sonra kurumaya bırakılmıştır. Bu kaplama yönteminde kitosan destek materyali olarak kullanılmıştır.

Hazırlanan elektrotlar üzerinde -1.8 V vs. Ag/AgCl sabit potansiyelde 1 sa. süreyle  $\text{CO}_2$  indirgenmiş olup elektrokataliz çalışmaları sonucu en iyi performans  $0,25\text{mgmL}^{-1}$  GO kullanılan elektrot üzerinde elde edilmiştir. Format oluşumuna yönelik maksimum Faraday verimi %65,8 olarak hesaplanmış olup ortalama akım yoğunluğu  $-0,22\text{mAcm}^{-2}$ 'dir. Sistemden 1 saatte geçen toplam yük ise 0,79 Coulomb'dur. Ortalama akım yoğunluğu ( $j_w$ ), toplam akımın elektrodun geometrik yüzey alanına ( $1\text{cm}^2$ ) bölünmesi ile hesaplanmıştır. Format üretimine ait Faraday verimi, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır:

$$f = n_{\text{format}}nF/Q$$

Bu eşitlikte;

$n_{\text{format}}$ ; üretilen formatın mol sayısını

$n$ ;  $\text{CO}_2$ 'ten bir format molekülü oluşması için gerekli olan elektron sayısını ( $n=2$  burada)

$F$ ; Faraday sabitini ( $96485\text{C/mol}$  elektron)

$Q$ ; elektroliz sırasında elektrottan geçen toplam yükü ifade etmektedir.

Bu çalışma sonucunda,  $\text{CO}_2$  indirgenmesi için rGO'nun GCE üzerinde oluşturduğu elektroaktif yüzey alanının format üretimi için kullanılabilmesi ancak verimin beklendiği kadar yüksek olmadığı tespit edilmiştir. Verimin artırılması amacıyla indiyum, kurşun veya kalay gibi format üretiminde etkin olan metallere ait nanopartiküllerin GCE/rGO yüzeyinde ayrıştırılmasıyla katalitik aktivitesi daha yüksek ve format üretimi açısından daha seçici olabilecek yenilikçi elektrotlar geliştirilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Camsı karbon elektrot, indirgenmiş grafen oksit,  $\text{CO}_2$ 'in elektrokinyasal indirgenmesi, format/formik asit

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Elektroensefalografi Sinyallerinin Makine Öğrenmesi Yapay Sinir  
Ağları Algoritması Kullanılarak Sınıflandırılması

(Gizem Güler, Temel Sönmezocak, Merih Yıldız)

## Elektroensefalografi Sinyallerinin Makine Öğrenmesi Yapay Sinir Ağları Algoritması Kullanılarak Sınıflandırılması

Gizem Güler<sup>1</sup>, Temel Sönmezocak<sup>2</sup>, Merih Yıldız<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Doğuş Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh., İstanbul, Türkiye, E-mail: 202291073005@dogus.edu.tr

<sup>2</sup>Doğuş Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh., İstanbul, Türkiye, E-mail: tsonmezocak@dogus.edu.tr

<sup>3</sup>Doğuş Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Müh., İstanbul, Türkiye, E-mail: myildiz@dogus.edu.tr

---

**Abstract:** With the development of artificial intelligence technology, methods based on machine learning are preferred in the field of health to interpret of complex signals received from the human body. Electroencephalography (EEG), which measures the electrical activity of the brain, is used as the most important diagnostic method in epilepsy, especially in the imaging of complex brain signals. In addition, EEG signals are very sensitive to voluntary and involuntary body movements, making it difficult to diagnose this disorder with EEG measurement, especially for pediatric patients. In this study, datasets obtained from 22 patients aged between 7 and 12 years, with a sampling frequency rate of 256 Hz, provided by Children Hospital Boston, are used. In this study, firstly, the amplitude-frequency characteristics of the frequency spectrum of the patients during the seizure and in the non-seizure state are extracted by determining the time intervals of the seizure-containing imaging in the datasets, using the discrete Fourier transform and data classification. Artificial neural networks (ANN) techniques are used in machine learning classification and 99.32% success is achieved. In the next study, EEG signals will be resampled using different sampling rates. Processed signals of different sampling rates obtained will be tested using different machine learning techniques in order to obtain the most efficient classification result. By resampling, less storage space usage and higher processing speed can be achieved by minimizing the disadvantages of limiting factors such as storage space and processor power.

**Keywords:** electroencephalography, machine learning, artificial neural networks, data sampling

---



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Examination of the Behavioral and Mechanical Properties of  
Mortars Containing Natural and Expanded Perlite Powder against  
Alkali-Silica Reaction

(H. Alperen Bulut)

## Examination of the Behavioral and Mechanical Properties of Mortars Containing Natural and Expanded Perlite Powder against Alkali-Silica Reaction

H. Alperen Bulut<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Erzincan Binali Yıldırım University Engineering and Architecture Faculty, Department of Civil Engineering, Erzincan, habulut@erzincan.edu.tr

---

**Abstract:** This study was conducted to examine the behavior of natural perlite and expanded perlite powders, which are widely preferred as lightweight aggregates, against alkali-silica reaction (ASR) induced expansions. Compressive and flexural strength tests of mortars containing 6%, 12%, 18%, 24%, 30% and 36% natural perlite powder and 3%, 6%, 9%, 12%, 15% and 18% expanded perlite powder were carried out with ASR. Comparisons were also carried out with control mortars without perlite powder. ASR results decreased as the proportion of natural perlite powder increased. 15% expanded perlite powder substitution caused 9 times more expansion. Against the durability problems stemming from ASR, 30% natural perlite powder is the ideal ratio. Both compressive and flexural strength results of natural perlite powder-substituted mortars were greater than those of expanded perlite powder-substituted mortars.

**Keywords:** natural perlite powder, expanded perlite powder, alkali-silica reaction, compressive strength, flexural strength

---

### Introduction

Perlite, a natural glassy volcanic rock, is widely accessible in most parts of the world, including, Hungary, Greece, Turkey, Japan and the USA (Ramezaniyanpour et al., 2014; Markiv et al., 2016). Perlite expands 5 to 20 times of its original volume when exposed to heat and used in various lightweight concrete operations, brick production, plasters or building elements requiring improved thermal and acoustic insulation (Mir and Nehme, 2017). Perlite powders, due to their high SiO<sub>2</sub> and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> content (whether used in natural or expanded form), are pozzolanic materials that increase the strength and durability of concrete (Demirboğa et al., 2001; Erdem et al., 2007; Rashad, 2016).

The four components required for the alkali-silica reaction (ASR) are reactive silica, available alkalis, moisture, and aggregate (Wang and Gillott, 1991; Leemann et al., 2011). For ASR-sensitive concrete, certain types of aggregates containing reactive silica can be easily attacked by hydroxyl ions present in the porous solution of concrete, resulting in the formation of a hygroscopic reaction product. This product is vulnerable to water and can expand by swelling (Li et al., 2018). Subsequently, expansion, cracking and further deterioration of the concrete can occur (Hou et al., 2004; Stanton, 2008).

Only a few studies have been conducted on the effect of the utilization of both natural and expanded perlite powder in mortars on ASR (Bektas et al., 2005). This study was conducted to examine the behavior of natural perlite and expanded perlite powders, which are widely preferred as lightweight aggregates, against ASR-induced expansions. Within the scope of the study, compressive and flexural strength tests of mortars containing 6%, 12%, 18%, 24%, 30% and 36% natural perlite powder and 3%, 6%, 9%, 12%, 15% and 18% expanded perlite powder were carried out by alkali silica reaction. Comparisons were also conducted with control mortars without perlite powder. It is believed that this unique research on mortars containing natural perlite powder and expanded perlite powder will be a reference for the determination of the appropriate perlite aggregate type and ratio against the ASR effect, which is one of the major durability problems of present day.

### Materials and Methods

CEM I 42.5 R type portland cement was chosen for the study. The specific properties of this cement are displayed in Table 1. The control mortars were prepared with river sand extracted from the Artvin region of Turkey, which has a high ASR potential. The specific gravity of this river sand is 2.61 g/cm<sup>3</sup>.

**Table 1.** Properties of Cement

	<b>CEM I 42.5 R</b>
<b>Chemical Compositions (%)</b>	
SiO <sub>2</sub>	19.43
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.27
CaO	63.48
MgO	2.45
SO <sub>3</sub>	2.98
Na <sub>2</sub> O	0.35
K <sub>2</sub> O	0.71
Cl	0.01
Loss on ignition	2.79
Insoluble residue	0.73
<b>Physical Characteristics</b>	
Residue on a 32 micron sieve	7.36
Specific gravity	3.12
Specific surface (cm <sup>2</sup> /g)	3439
Beginning of setting	2hrs-35min
End of setting	3hrs-30min
Volume expansion (mm)	1.0
<b>Compressive strength (MPa)</b>	
2nd day	27.9
28th day	54.2

All of the natural perlite powder and expanded perlite powder used in the study were supplied from ERPER company operating in Erzincan/TR. The specific gravity of natural perlite powder used in different ratios in mortars is  $1.96 \text{ g/cm}^3$  while the specific gravity of expanded perlite powder is  $0.9 \text{ g/cm}^3$ . The parameters determined within the scope of the study are the utilization of different ratios of natural perlite powder and expanded perlite powder. Natural perlite powder was substituted with cement at 6%, 12%, 18%, 24%, 30% and 36% by weight and expanded perlite powder was substituted with cement at 3%, 6%, 9%, 12%, 15% and 18% by weight to produce mortars with 12 different mixtures. There was no perlite powder included in the control mortars. In the coding, the abbreviation of natural perlite powder or expanded perlite powder is indicated with the first letters, and the proportions of perlite powders are displayed with numbers (without using the % sign) after the letters. For instance, EPP12 represents the mix containing 12% expanded perlite powder. Control mortars are indicated by the letter C. ASR tests were implemented on mortar samples prepared according to ASTM C 1260 (2021) standard. Mortar mixtures were prepared by weighing the materials sieved through the sieves specified in the standard and separated into different grain classes in the specified quantities. Specimens of  $25 \times 25 \times 285 \text{ mm}$  for the ASR test and  $40 \times 40 \times 100 \text{ mm}$  for the compressive and flexural strength tests were produced. The mortars kept in the molds were removed after 24 hours. The specimens prepared for the ASR test were kept in  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  water for 24 hours and the initial lengths were measured. ( $L_0$ ). Afterwards, the same samples were kept in 1 mol NaOH solution at  $80 \text{ }^\circ\text{C}$  and the lengths were measured at the end of 3, 7, 14, 21 and 28 days and the changes were calculated as %. In addition, compressive and flexural strength tests were carried out according to TS EN 12390-3 (2019) and TS EN 12390-5 (2019) on mortar specimens removed from the mold 24 hours after production and kept in the curing pool for 28 days.

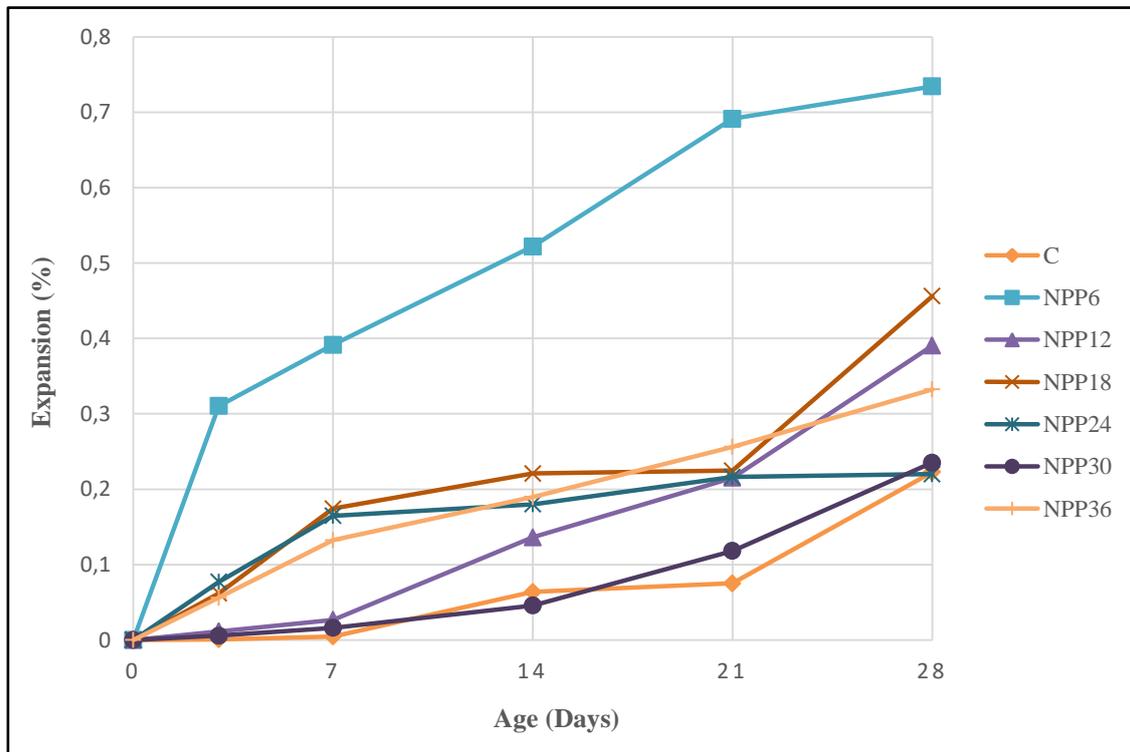
## Results and Discussion

### Alkali-silica reaction (ASR) test results

The time-dependent (3, 7, 14, 21 and 28 days) expansion values of mortars with different natural perlite powder ratios and control mortar as a result of the ASR test are presented in Figure 1.

When the graphs are examined, expansion values decreased as the natural perlite powder ratio increased compared to the control mortar. The expansion results of mortars with 30% natural perlite powder ratio were quite similar to the control mortar. For instance, when the 14<sup>th</sup> day results were examined, the expansion value was approximately 8 times higher than the control mortar when 6% natural perlite powder was substituted into the mortars. When the proportion of natural perlite powder increased from 6% to 30%, the expansion results remained higher than the control mortar. The 14-day ASR expansion value of the mortar with 30% natural perlite powder (NPP30) was 0.04%, even lower than the control mortar (C) (0.06%). At day 28, the similar pattern remained. The highest expansion values among all groups were observed in mortar with 6% natural perlite powder substitution. The expansion values of the control mortar and the mortars with natural perlite powder substitution were within the limits specified by ASTM C1260 (2021), except for the mortars with 6% and 18% natural perlite powder substitution (maximum expansion of the specimens should be less than 0.2% for hazardous

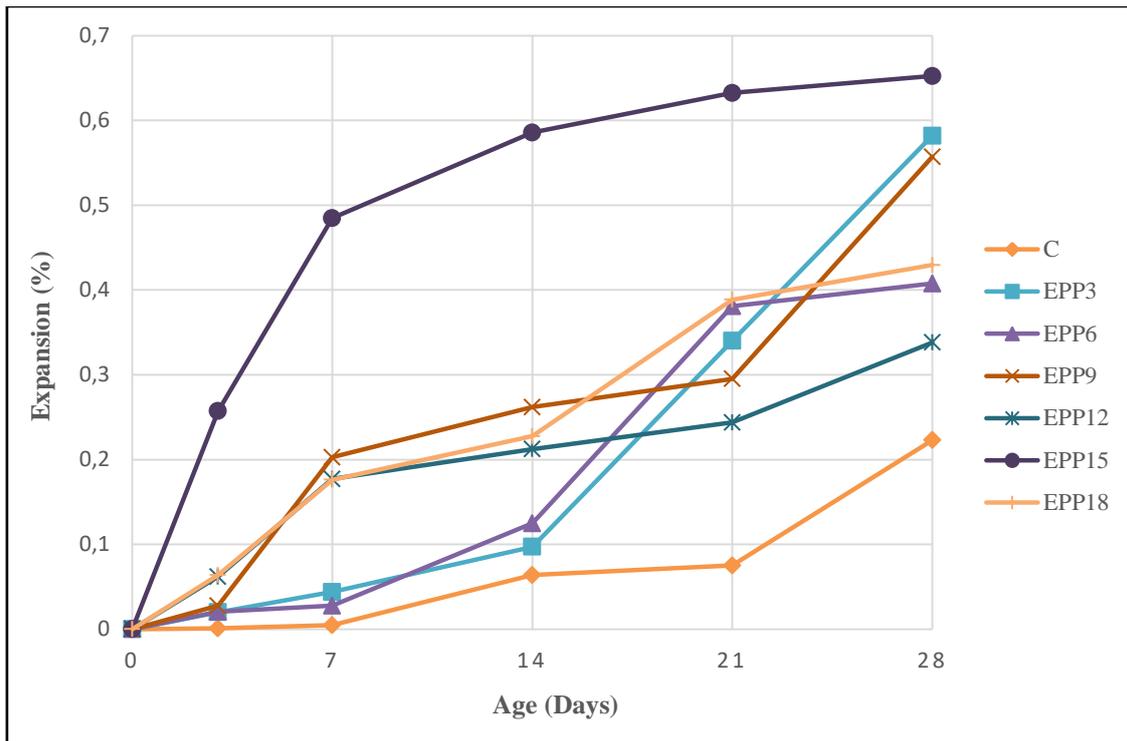
reactive aggregates after 14 days). This study revealed that 30% natural perlite powder can be employed as a cement substitute against the durability problems caused by ASR.



**Figure 1.** Changes in ASR expansion of mortars due to natural perlite powder substitution

Figure 2 illustrates the time-dependent (3, 7, 14, 21 and 28 days) expansion values of mortars with different expanded perlite powder ratios and control mortar as a result of ASR test. Accordingly, ASR expansion values increased as the proportion of expanded perlite powder increased, in contrast to the natural perlite powder substituted mortars. Examining the 7<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> day results, when 3% and 6% expanded perlite powder was substituted in the mortars, expansions close to the control mortar and at low values were obtained, while 15% expanded perlite powder substitution caused 9 times more expansion. By the 28<sup>th</sup> day, the expansion results for all mortars using expanded perlite powder were higher than the control mortar. All mortars except the mortars with 3% and 6% expanded perlite powder substitutions and the control mortar exceeded the limits specified by ASTM C1260 (2021) (maximum expansion of specimens for deleterious reactive aggregates after 14 days should be less than 0.2%). As a result of this study, it has been proved that low percentages (3% and 6%) of expanded perlite powder can be preferred as a cement replacement in implementations where ASR problems are encountered.

Finally, when the ASR expansion results of the mortars in which both natural and expanded perlite powder were used at the same rates (6%, 12% and 18%) were examined, it was found that for the 6% rate, expanded perlite powder demonstrated much lower results than natural, while 12% and 18% rates gave similar expansions.

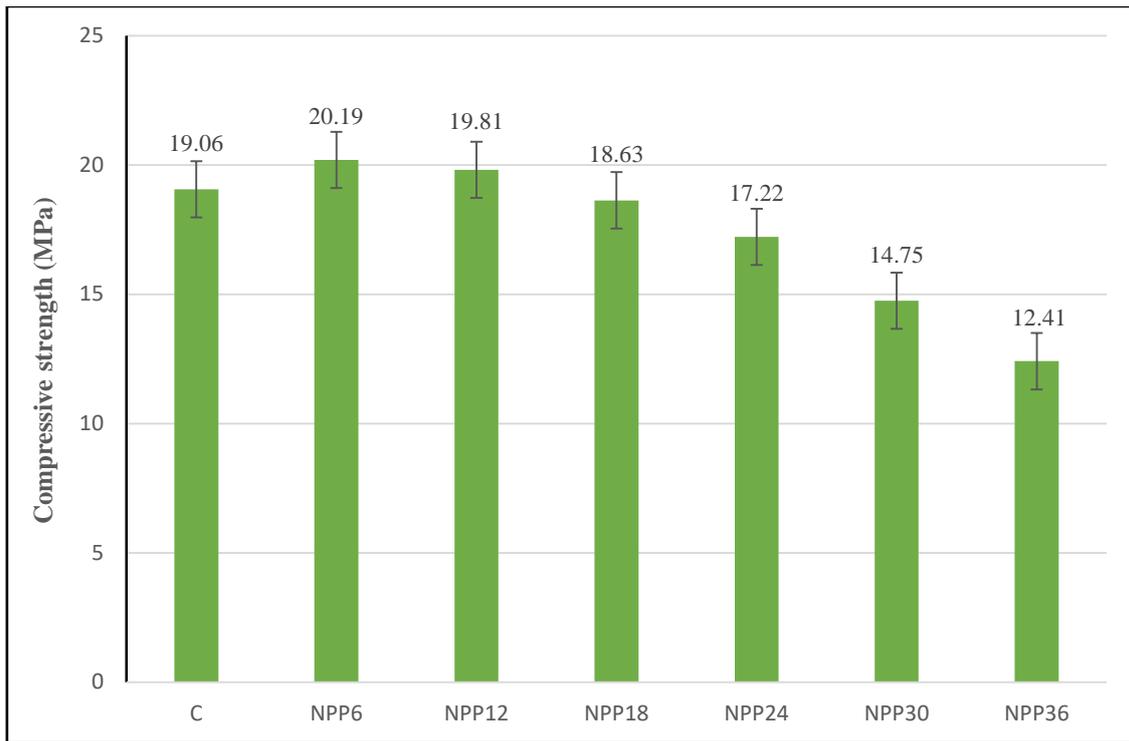


**Figure 2.** Changes in ASR expansion of mortars due to expanded perlite powder substitution

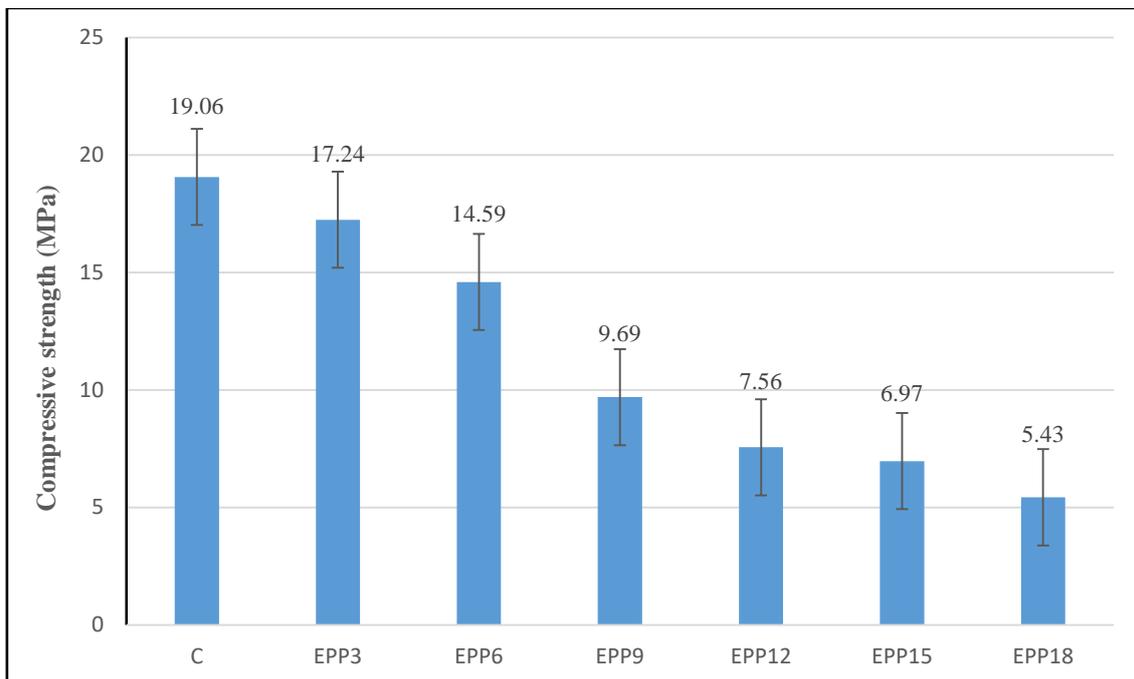
### Compressive strength test results

The compressive strength results of natural perlite powder substituted mortars and control mortars are presented in Figure 3. Compressive strength values decreased with the usage of natural perlite powder in mortars. Two exceptions to this were mortars with 6% and 12% natural perlite powder substitution (NPP6, NPP12) and the highest compressive strength value among all groups was obtained with 6% natural perlite powder substitution with 20.19 MPa. The lowest compressive strength of 12.41 MPa was obtained in mortar produced from 36% natural perlite powder (NPP36). This value is about 35% lower than the control mortar. According to the compressive strength results, it was determined that 6% and 12% ratios are ideal for mortars to be produced with natural perlite powder substitution.

Figure 4 presents the compressive strength results of the mortars with expanded perlite powder substitution and the control mortar. The compressive strength of the mortar with 18% expanded perlite powder substitution (this value is 5.43 MPa for EPP18) was 71.51% lower than the control mortar (this value is 19.06 MPa for C).



**Figure 3.** Relationship between natural perlite powder substitution rate and compressive strength



**Figure 4.** Relationship between expanded perlite powder substitution rate and compressive strength

The highest compressive strength of expanded perlite powder substituted mortars was observed as 17.24 MPa in EPP3 coded specimen with 3% expanded perlite powder ratio. The compressive strength results of natural perlite powder-substituted mortars were higher than

those of expanded perlite powder-substituted mortars. The visualization of the compressive strength test of the mortars is displayed in Figure 5.

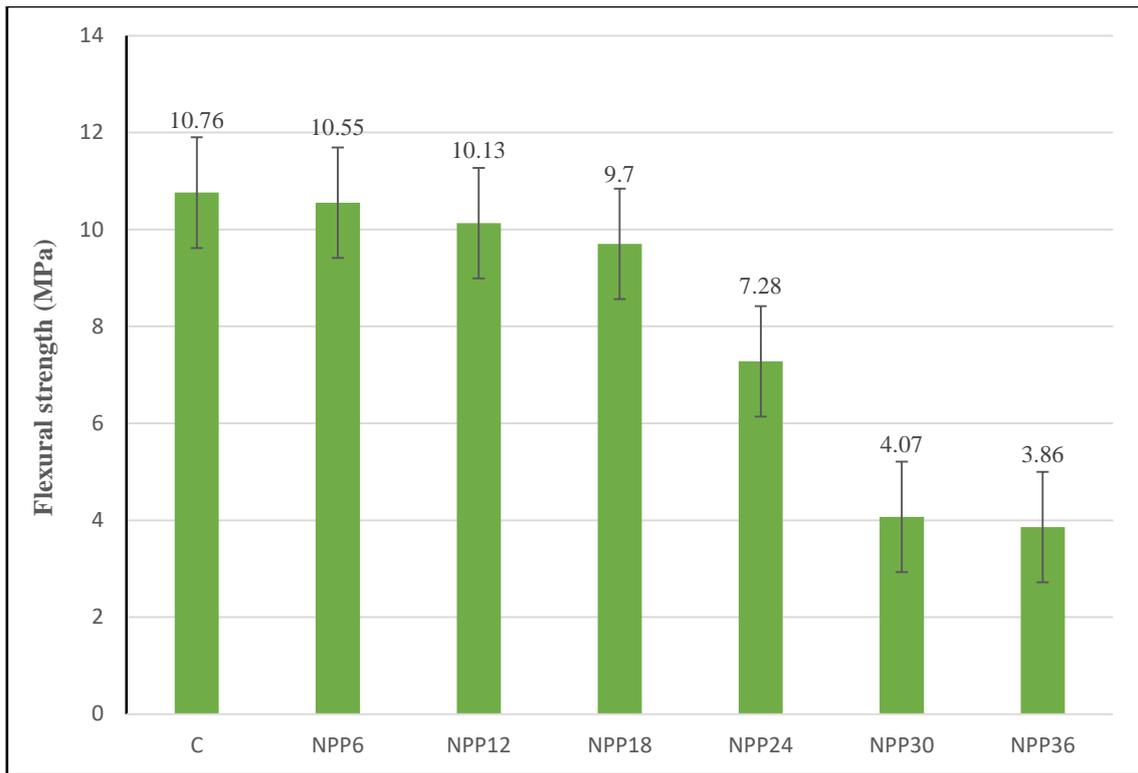


**Figure 5.** The visualization of the compressive strength test of the mortars

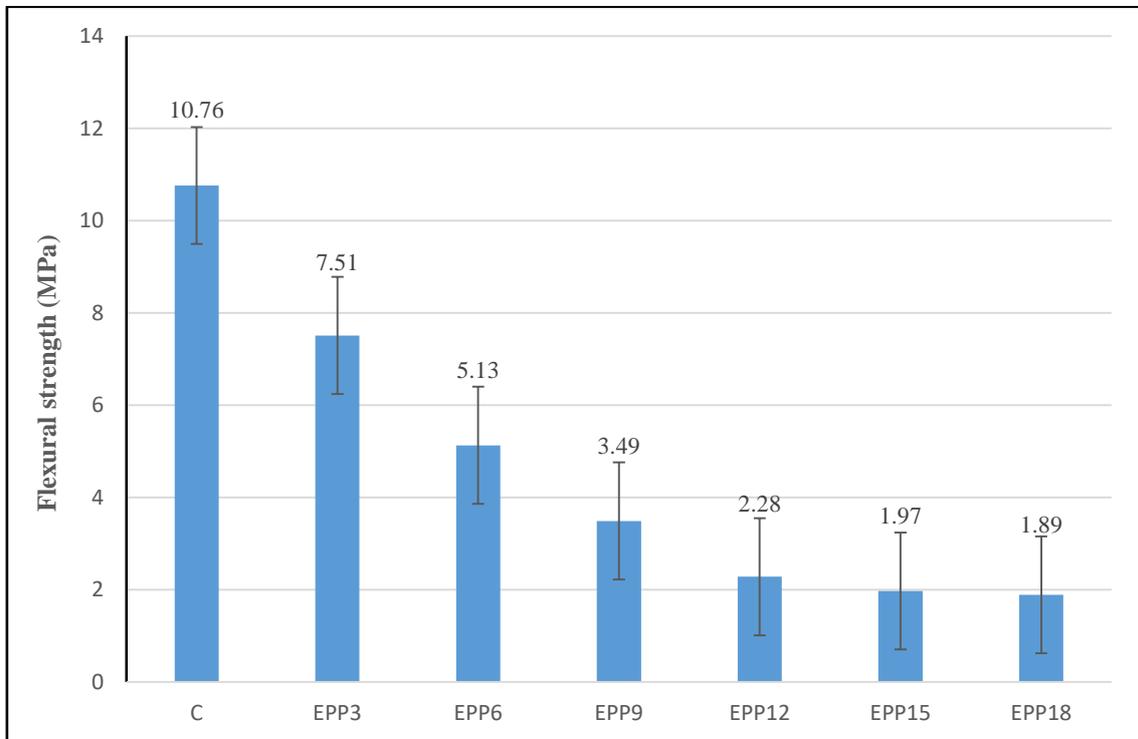
### **Flexural strength test results**

The flexural strength results of the control mortar and mortars with natural perlite powder are provided in Figure 6. The flexural strength values decreased as a result of the increased amount of natural perlite powder. The highest flexural strength was obtained in the control mortar (C) with 10.76 MPa and the lowest flexural strength was obtained in the mortar produced with 36% natural perlite powder (NPP36) with 3.86 MPa. This value is 64% lower than the control mortar. It was determined that 6% and 12% ratios in mortars to be produced with natural perlite powder substitution are ideal for flexural strength, likewise for compressive strength results.

Figure 7 displays the flexural strength results of the mortars with expanded perlite powder substitution and the control mortar. Dramatic flexural strength losses occurred as a result of the inclusion of expanded perlite powder in mortars. The flexural strength of mortar with 18% expanded perlite powder substitution (this value is 1.89 MPa for EPP18) was 82.43% lower than the control mortar (this value is 10.76 MPa for C). The highest flexural strength of the expanded perlite powder substituted mortars was obtained as 7.51 MPa in the sample coded EPP3 with 3% expanded perlite powder ratio. The flexural strength results of natural perlite powder-substituted mortars were higher than those of expanded perlite powder-substituted mortars.



**Figure 6.** Relationship between natural perlite powder substitution rate and flexural strength



**Figure 7.** Relationship between expanded perlite powder substitution rate and flexural strength

The graph of the flexural strength test of the mortars is presented in Figure 8.



**Figure 8.** The visualization of the flexural strength test of the mortars

### Conclusion

1. When 6% natural perlite powder was substituted into the mortars, the expansion value was approximately 8 times higher than the control mortar.
2. ASR results decreased as the proportion of natural perlite powder increased. To prevent durability problems caused by ASR, 30% natural perlite powder is the ideal ratio.
3. As the proportion of expanded perlite powder increased, ASR expansion values also increased. 15% expanded perlite powder substitution caused 9 times more expansion.
4. All mortars except with the 3% and 6% expanded perlite powder substitution and the control mortar exceeded the limit values.
5. It was found that expanded perlite powder produced much lower results than natural for 6%, while 12% and 18% produced similar expansions.
6. Compressive strength values decreased with the use of natural perlite powder in mortars. It was determined that 6% and 12% ratios in mortars to be produced with natural perlite powder substitution are ideal according to the compressive strength results.
7. The utilization of expanded perlite powder in mortars has resulted in serious compressive strength losses. The compressive strength of mortars with 18% expanded perlite powder substitution (this value is 5.43 MPa for EPP18) was 71.51% lower than the control mortar (this value is 19.06 MPa for C).

8. The highest flexural strength was obtained in the control mortar (C) with 10.76 MPa and the lowest flexural strength was obtained in the mortar produced from 36% natural perlite powder (NPP36) with 3.86 MPa. This value is 64% lower than the control mortar.
9. The highest flexural strength of the mortars with expanded perlite powder substitution was calculated as 7.51 MPa in the sample coded EPP3 with 3% expanded perlite powder ratio.
10. Both compressive and flexural strength results of natural perlite powder-substituted mortars were higher than those of expanded perlite powder substituted mortars.

## References

- Bektas, F., Turanli, L., Monteiro, P.J.M. (2005). Use of perlite powder to suppress the alkali-silica reaction. *Cement and Concrete Research* 35 (10), 2014-2017.
- C1260 ASTM Standard, Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Aggregates (Mortar-Bar Method), ASTM International, West Conshohocken, PA, USA, 2021.
- Demirboğa, R., Örüng, İ., Gül, R. (2001). Effects of expanded perlite aggregate and mineral admixtures on the compressive strength of low-density concretes. *Cement and Concrete Research* 31 (11), 1627-1632.
- Erdem, T.K., Meral, Ç., Tokyay, M., Erdoğan, T.Y. (2007). Use of perlite as a pozzolanic addition in producing blended cements. *Cement and Concrete Composites* 29 (1), 13-21.
- Hou, X., Struble, L.J., Kirkpatrick, R.J. (2004). Formation of ASR gel and the roles of C-S-H and portlandite. *Cement and Concrete Research* 34 (9), 1683-1696.
- Leemann, A., Saout, G.L., Winnefeld, F., Rentsch, D., Lothenbach, B. (2011). Alkali-silica reaction: the influence of calcium on silica dissolution and the formation of reaction products. *Journal of the American Ceramic Society* 94 (4), 1243-1249.
- Li, C., Thomas, M.D.A., Ideker, J.H. (2018). A mechanistic study on mitigation of alkali-silica reaction by fine lightweight aggregates. *Cement and Concrete Research* 104, 13-24.
- Markiv, T., Sobol, K., Franus, M., Franus, W. (2016). Mechanical and durability properties of concretes incorporating natural zeolite. *Archives of Civil and Mechanical Engineering* 16 (4), 554-562.
- Mir, A.E., Nehme, S.G. (2017). Utilization of industrial waste perlite powder in self-compacting concrete. *Journal of Cleaner Production* 156, 507-517.
- Ramezaniapour, A.A., Karein, S.M.M., Vosoughi, P., Pilvar, A., Isapour, S., Moodi, F. (2014). Effects of calcined perlite powder as a SCM on the strength and permeability of concrete. *Construction and Building Materials* 66, 222-228.

- Rashad, A.M. (2016). A synopsis about perlite as building material – A best practice guide for Civil Engineer. *Construction and Building Materials* 121, 338-353.
- Stanton, T.E. (2008). Expansion of concrete through reaction between cement and aggregate. *Proceedings of the American Society of Civil Engineers*. 66, 1781-1811.
- TS EN 12390-3, Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2019.
- TS EN 12390-5, Sertleşmiş Beton Deneyleleri - Bölüm 5: Deney Numunelerinde Eğilme Dayanımı Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye, 2019.
- Wang, H., Gillott, J.E. (1991). Mechanism of alkali-silica reaction and the significance of calcium hydroxide. *Cement and Concrete Research* 21 (4), 647-654.

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

**Broyler Rasyonlarına Farklı Oranlarda İlave Edilen Probiyotiğin Besi  
Performansına Etkisi**

(Halise Serin, Tahir Balevi)

## Broyles Rasyonlarına Farklı Oranlarda İlave Edilen Probiyotiğin Besi Performansına Etkisi

Halise Serin<sup>1</sup>, Tahir Balevi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mersin İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Mersin, Türkiye, halise.serin@tarimorman.gov.tr

<sup>2</sup>Selçuk Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, Hayvan Besleme ve Beslenme Hastalıkları Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, tbalevi@gmail.com

### Özet:

**Giriş-Amaç:** Hızla gelişen ve değişen dünyada insanoğlunun ilk sırada yer alan sorunlarının başında yeterli ve dengeli beslenme gelmektedir. Bu sebeple, hayvansal gıdalar biyolojik özelliklerinden dolayı vazgeçilmez bir öneme sahiptir. Probiyotikler, yeterli miktarda alındıklarında konağı hastalıklardan koruyan, tedavide yararlı ve patojen olmayan canlı mikroorganizmalar olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmanın amacı broyles rasyonlarına farklı oranlarda ilave edilen probiyotiğin besi performansına etkisini araştırmaktır.

**Yöntem:** Araştırmada 360 adet Ross 308 günlük erkek etlik civciv kullanılmıştır. Araştırma her biri 90 civcivden oluşan 1 kontrol ve 3 deneme grubu olmak üzere toplam 4 grup halinde yürütülmüştür. Her bir grup 15'şer civciv içeren 6 alt gruba ayrılmıştır. Deneme 42 gün sürdürülmüştür. Araştırmada kullanılan probiyotik kültürü  $3.0 \times 10^{10}$  cfu/gram düzeyinde mikroorganizma *Bacillus subtilis* (DSM 5750), *Bacillus licheniformis* (DSM 5749) içermektedir. Araştırmada kontrol grubunun rasyonu probiyotik içermeyecek şekilde (Temel Rasyon), birinci deneme grubunun rasyonu 0.5 g/kg, ikinci deneme grubunun rasyonu 1.0 g/kg ve üçüncü deneme grubunun rasyonu ise 1.5 g/kg probiyotik içerecek şekilde hazırlanmıştır. Denemede kullanılan hayvanlara 1. günden 21. güne kadar etlik civciv yemi, 22. günden 35.güne kadar etlik piliç büyütme yemi, 35.günden kesim günü olan 42. güne kadar etlik piliç bitirme yemi verilmiştir. Araştırmada kullanılan rasyonların temelini mısır, soya fasülyesi küspesi ve tam yağlı soya oluşturmuş olup, etlik piliçler 42 gün süresince bu deneme yemleri ile ad libitum beslenmiştir.

**Bulgular:** Araştırma sonunda; canlı ağırlık ve canlı ağırlık artışı bakımından gruplar arasındaki farklılık önemli bulunmuştur ( $p < 0.05$ ). Canlı ağırlık bakımından rakamsal olarak en yüksek değeri, temel rasyona 1.0 g/kg probiyotik ilave edilen ikinci deneme grubu ortalaması verirken, temel rasyona 1.5 g/kg probiyotik ilave edilen üçüncü deneme grubu ortalaması, canlı ağırlık artışı açısından en yüksek değeri vermiştir. İkinci deneme grubunun yem tüketimi değeri rakamsal olarak en yüksek olup, gruplar arasında oluşan farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur ( $p < 0.001$ ). Yemden yararlanma oranı, sıcak karkas ağırlığı ve sıcak karkas randımanı bakımından gruplar arasındaki farklılıklar önemsiz bulunmuştur ( $p > 0.05$ ).

**Sonuç:** Araştırma sonunda; broyles rasyonlarına farklı oranlarda ilave edilen probiyotiğin canlı ağırlık, canlı ağırlık artışı ve yem tüketimi üzerine olumlu etkileri gözlemlenirken, yemden yararlanma oranı, sıcak karkas ağırlığı ve sıcak karkas randımanı üzerine olan etkisinin önemsiz olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** broyles, probiyotik, besi performansı

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Askeri Hava Araçları İçin 28 V DA Bir Katı Hal Güç Kontrolcüsü

(Hayrettin Ertaş, Bünyamin Tamyürek, Sinan Kıvrak)

## Askeri Hava Araçları İçin 28 V DA Bir Katı Hal Güç Kontrolcüsü

Hayrettin Ertas<sup>1</sup>, Bünyamin Tamyürek<sup>2</sup>, Sinan Kıvrak<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, e-mail:hertas@thk.edu.tr

<sup>2</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, e-mail:btamyurek@gazi.edu.tr

<sup>3</sup>Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Ostim Teknik Üniversitesi, Ankara, Türkiye,  
e-mail:sinan.kivrak@ostimteknik.edu.tr

---

**Özet:** Gelecekte daha fazla elektrik talebiyle birlikte uçaklarda hidrolik ve pnömatik sistemler elektrikli olanlarla değiştirilecektir. Güç dağıtım sistemlerinde geleneksel elektromekanik devre kesicilerin yerini Katı Hal Güç Kontrolcüleri (Solid State Power Controllers) (SSPC) alacaktır. Uçaklarda kullanılan 28 V DA güç sistemlerini korumak zordur, çünkü AA sistemlerdeki gibi akım bir periyotta iki kere sıfıra inmez. Devre kesicilerin yerine kullanılan SSPC'ler daha güvenilirdir ve daha hızlı yanıt verirler. SSPC'ler bağlanan yükleri aşırı yüklenmelerden ve kısa devrelerden korur. Uçaklarda kullanılan 28V DA güç sistemlerinde bir kısa devre olayında sistem hızla anma akımının 10 katına çıkabilir ve koruma yapılmazsa güç sistemi elemanları zarar görür. Aşırı akım olduğunda sistem hızla açma yapmalıdır. Yarı iletken kullanılan SSPC'ler ark yapmaz, gürültü yoktur, yanıt hızlıdır, düşük ağırlıklıdır, uzaktan kontrol kolaydır ve programlanabilme özelliğine sahiptir. Çalışma mantığı; gerilim ve akım sabit bir değeri geçtiğinde ve kısa devre olayında MOSFET'lerin ve dolayısıyla yüklerin hızlıca açma yapılmasıdır. SSPC'lerde genellikle anahtarlama elemanı olarak MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) teknolojisi kullanılır. Ayrıca IGBT ve SiC yarı iletken malzemeleri de kullanılabilir. Minimum MOSFET sayısı paralel kollara ayrılan akıma göre belirlenir. MOSFET'leri paralelleyerek daha yüksek akıma ulaşılır, iletim kaybı azaltılır ve her paralel kanal farklı bir yük için kullanılabilir. Bu çalışmada; uçaklarda kullanılan yükleri temsil eden bir rezistif yük test edilmiştir. Temsil edilen bu yükü korumak için çift yönde anahtarlama topolojisi kullanılmıştır. Yüksek akıma dayanıklı olması için birden fazla MOSFET paralellenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** sspc, devre kesici, daha fazla elektrikli uçak, koruma ekipmanı.

---

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Alzheimer Hastalığının Transfer Öğrenimi Yöntemiyle Teşhisi

(Hudaverdi Emin Elp, Bülent Bolat)

## Alzheimer Hastalığının Transfer Öğrenimi Yöntemiyle Teşhisi

Hudaverdi Emin Elp<sup>1</sup>, Bülent Bolat<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ASSAN Elektronik, Yıldız Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, E-mail:eminelp01@gmail.com

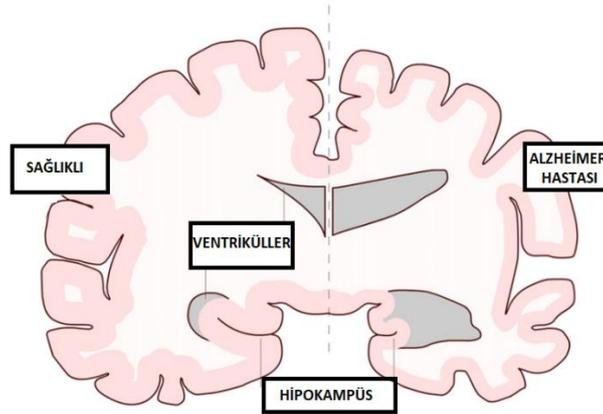
<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi/Elektronik ve Haberleşme Bölümü, E-mail:bbolat@yildiz.edu.tr

**Özet:** Alzheimer Hastalığı beyinde meydana gelen hasarların sonucu olarak bireyin günlük rutin faaliyetlerini yürütemeyecek şekilde unutkanlık, konuşma ve anlamada zorluk gibi etkiler göstermektedir. Bu hastalık genellikle ileri yaşta bireylerde görülür. Önümüzdeki yıllarda hasta sayısında ve bu hastalığın tedavisi için harcanan bütçelerde ciddi miktarda artış beklenmektedir. Bu hastalığın kesin çözümü olmamakla birlikte erken aşamada teşhisi halinde hastalığın ilerlemesini yavaşlatıcı tedaviler uygulanabilmektedir. Son yıllarda derin öğrenme alanındaki gelişmeler bu hastalığın yüksek doğrulukla teşhisi için olanak sağlamıştır. Yapılan çalışmada Kaggle'dan elde edilen 2 boyutlu ve 4 sınıfa ait görüntülerden oluşan veri seti kullanılmıştır. Transfer Öğrenimi metodu kullanılarak InceptionV3 ve EfficientNetB0V2 modelleri önceden eğitilmiş modelin ağırlıklarıyla eğitilmiştir. Çok kısa bir eğitim süresi ile InceptionV3 modeli için %99.96 EfficientNetB0V2 için %98.23 doğruluk değerleri elde edilmiştir. Verilen sınıflara ait karışıklık matrisi oluşturularak performans çıktıları sunulmuştur. Bu çalışmanın sonuçları transfer öğrenimi metodunun AH tespitinde hızlı ve doğruluk payı yüksek olan kullanışlı bir teknik olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Derin öğrenme, Transfer öğrenimi, Alzheimer teşhisi

### 1.Giriş

Alzheimer Hastalığı(AH), hafıza kaybı, bilişsel bozulma, davranış değişiklikleri ve nihayetinde ölümle sonuçlanan ilerleyici bir nörodejeneratif bir hastalıktır (Henry ve ark., 2013). AH, demansın en yaygın nedenidir ve 2050'de 152 milyondan fazla insanı etkilemesi beklenmektedir (Lynch ve ark., 2020). AH dünyadaki tüm demans türlerinin yaklaşık %60-80'ini oluşturur. Dünyada her üç saniyede bir demanstan bir kişi etkilenirken bunların %60'ı AH kaynaklıdır (Patterson, 2018). AH'nın ana özellikleri serebral kortekslerin ve hipokampüsün küçülmesi ve ventriküllerin genişlemesidir ve Şekil 1'de gösterilmiştir (Saraiva ve ark., 2016).



Şekil 1. Sağlıklı beyin (sol yarı bölge) ve Alzheimer hastası (sağ yarı bölge) beynin şekli.

Tablo 1’de bu hastalığın evreleri açıklanmıştır.

**Tablo 1.** AH evreleri (Özkay ve ark. 2011)

Evre 1	Hastada bilişsel zayıflık görülmeye başlamıştır. Başlangıç evresi olan bu evrede merkezi sinir sisteminde çeşitli patolojik süreçlerin gelişmekte olduğu bilinmektedir.
Evre 2 : Çok hafif bilişsel zayıflık	İletişim becerilerinin bozulmamasına rağmen hastalar anahtar ve cüzdan objelerin yerlerini unutmaya başlamaktadırlar.
Evre 3: Hafif bilişsel zayıflık	Hastalar konuşma sırasında kelime seçimlerinde ve tanıdıklarının isimlerini hatırlamakta zorlanmakta, sıklıkla eşyalarını kaybetmektedirler. Bu evredeki hastaların plan yapma ve organizasyon becerileri azalmıştır.
Evre 4: Orta bilişsel zayıflık	Kısa süreli hafızada sorunlar görülmektedir. Kişisel geçmiş ile ilgili bellek zayıflıkları görülmektedir. Hastalar sosyal konularda içe dönük davranış sergiler.
Evre 5: Orta-şiddetli bilişsel zayıflık/Erken dönem demans	Hastalar buldukları yer ve zaman hakkında zihinsel karışıklık yaşamaktadırlar. Bu evredeki hastalar günlük aktiviteler için yardıma ihtiyaç duymaktadırlar. Önemli detayları hatırlamakta zorlanmaktadır.
Evre 6: Şiddetli bilişsel zayıflık/Orta dönem demans	Konuşmaları sırasında kelime seçmekte zorlanılmaktadır. zorluklar ve konuşma becerilerinde kayıplar gözlenmektedir. Hastalara günlük aktiviteler için daha fazla yardım gerekmektedir.
Evre 7: Çok şiddetli bilişsel zayıflık/Geç dönem demans	Hastaların konuşma yetenekleri azalmış ya da kaybolmuştur. Bu evredeki hastalar sürekli olarak bakıma ihtiyaç duymaktadırlar.

Houria ve ark., (2022). Difüzyon tensör görüntüleme (DTG) ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) verilerinin füzyonuyla Alzheimer hastası ve bilişsel olarak normal şekilde 2 sınıf için 2 boyutlu Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) ve Destek Vektör Makinesi (DVM) sınıflandırıcı kullanılmıştır. %99.79 doğruluk değerine ulaşılmıştır.

Başka bir çalışmada ise Techa ve ark. (2022) tarafından ESA mimarisine dayalı yeni bir model önerilmiştir. Özellik çıkarımı için önceden eğitilmiş DenseNet196, VGG16 ve ResNet50 modelleri ve bir beyin MRG veri seti kullanılmıştır. Bu model, Kaggle'da yayınlanan veri setini kullanarak %89'luk bir doğruluk değerine ulaşmıştır.

Menagadevi ve ark. (2023) ise yaptıkları çalışmada Kaggle veri seti görüntülerini AH tespiti için kullanmışlardır. Görüntü ön işleme, modifiye edilmiş optimal eğri eşikleme ve siyah beyaz esnetme ile sekizgen histogram eşitleme hibrit yaklaşımı kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Çok ölçekli havuzlama ve otomatik kodlayıcı mimarisi, beyaz maddenin görüntüden çıkarılması için kullanılmıştır. Sınıflandırma için Destek Vektör Makinesi (DVM), Ekstrem Öğrenme Makinesi (ELM) ve K-en yakın komşular algoritması (KNN) kullanılmıştır. DVM, Alzheimer hastalığı sınıflandırması için genel doğruluğu Kaggle için %99,77 olarak elde edilmiştir.

Sisodia ve ark. (2023) Alzheimer hastalığının çoklu aşamalarını tespit etmek için derin transfer öğrenme modelleri kullanmışlardır. Veri ön işleme ve çoğaltma işlemi uygulanarak modelin doğru AH sınıfını tespit etmesi sağlanmıştır. Daha sonra, AH'nın erken evrelerini sınıflandırmak ve tahmin etmek için derin transfer öğrenme modelleri (Resnet50, VGG19, Xception, DenseNet201 ve EfficientNetB7) kullanmışlardır. Verilere göre DenseNet201 modelinin doğrulama veri seti için %96,59 doğruluk ile en iyi performansı göstermektedir. Resnet50, VGG19, Xception ve EfficientNetB7 modellerinin doğruluk performansı da sırasıyla %93,52, %95,08, %89,77 ve %83,20 olarak kaydedilmiştir.

Helaly ve ark. (2022) tıbbi görüntüleri sınıflandırmak ve AH tespiti için iki yöntem kullanmışlardır. İlk yöntem, 2 Boyutlu ve 3 Boyutlu konvolüsyonu temel alan ADNI veri kümesinden 2 boyutlu ve 3 boyutlu yapısal beyin taramalarıyla ilgilenen basit ESA mimarilerini kullanır. İkinci yöntem, VGG19 modeli gibi tıbbi görüntü sınıflandırmaları için önceden eğitilmiş modellerden yararlanmak için transfer öğrenimi yaklaşımını uygulamaktadır. Deneysel sonuçlar, ilk yöntem için ESA mimarilerinin hesaplama karmaşıklığını, bellek gereksinimlerini, fazla uydurmayı azaltan özelliklere sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, 2 boyutlu ve 3 boyutlu çok sınıflı AH aşaması sınıflandırmaları için %93,61 ve %95,17 gibi tatmin edici doğruluklar elde edilmiştir. VGG19 önceden eğitilmiş modelin ince ayarı yapılmış ve çok sınıflı AH aşaması sınıflandırmaları için %97'lik bir doğruluk elde edilmiştir.

Acharya ve ark. (2021) ESA ile birlikte transfer öğrenimi modelleri olarak VGG16, ResNet -50 ve AlexNet kullanılarak Alzheimer hastalığı hastalarını birden fazla sınıfa ayırmışlardır.. Hafif bilişsel bozukluk, hafif Alzheimer, orta Alzheimer gibi aşamalar vardır. Önerilen stratejiler sonuçları AlexNet modeli için %95,70 doğrulukla göstermektedir.

Mehmood ve ark. (2020) demans aşamalarını sınıflandırmak için VGG-16'dan (Oxford Net olarak da adlandırılır) esinlenerek bir Siyam Evrişimli Sinir Ağı (SESA) modeli geliştirmişlerdir. Yaklaşımda, veri artırma kullanılarak yetersiz ve dengesiz verileri düzeltilmiştir. Önerilen yaklaşım kullanılarak, demans aşamalarının sınıflandırılması için %99,05'lik bir test doğruluğu elde edilmiştir.

Öziç ve Özşen (2020) DVM ile beyindeki gri ve beyaz madde kayıplarını 3 Boyutlu görüntüler üzerinden sınıflandırma ile incelemişlerdir. Gri madde için sınıflandırmada %92.857 doğruluğa ulaşılmıştır.

Liu ve ark. (2020) Hipokampal segmentasyonu ve hastalık sınıflandırmasını ortaklaşa öğrenmek için çok görevli derin bir ESA modeli oluşturmuşlardır. Ardından, sınıflandırma görevi için hipokampal segmentasyon sonuçlarına dayalı olarak çıkarılan 3 boyutlu yamaların özelliklerini öğrenmek için bir 3B Yoğun Bağlantılı Konvolüsyon Ağları (3B DenseNet) oluşturulmuştur. Çok görevli ESA ve DenseNet modellerinden öğrenilen özellikler, hastalık durumunu sınıflandırmak için birleştirilmiştir. Önerilen yöntem, Alzheimer Hastalığı Nörogörüntüleme Girişimi (ADNI) veritabanındaki 97 AH, 233 hafif düzeyde, 119 sağlıklı deneğinden toplanan temel T1 ağırlıklı MRG verileri üzerinde değerlendirilmiştir ve %88.9'luk bir doğruluk elde etmektedir.

El-Geneedy ve ark. (2023) DenseNet121, ResNet50, VGG 16, EfficientNetB7 ve InceptionV3 gibi son teknoloji derin öğrenme mimarileri yaklaşımları karşılaştırılmışlardır. InceptionV3 mimarisi için 91.38 eğitim ve 87.71 test doğrulukları elde edilmiştir.

Murugan ve ark. (2021) tarafından demansın dört aşamasını göz önünde bulundurarak ve belirli bir teşhis gerçekleştirerek önerilen model, beynin yapısını kullanarak çok katmanlı bir algılayıcıya yüksek çözünürlüklü hastalık olasılık haritaları üretmekte ve bireysel AH riskinin yüksek doğrulukta görselleştirmelerini sağlamaktadır. DEMNET, %95,23'lük bir doğruluk elde etmektedir.

Yıldırım ve Çınar, (2020) Hibrit bir yöntemde kullanılan mimariler ile AH'nın ilerleme derecesine göre 4 evrede sınıflandırmışlardır. Önerilen hibrit modelde Resnet50 yöntemi temel alınmıştır. Sonuçlar Alexnet, Resnet50, Densenet201, Vgg16 ve geliştirilen hibrit yöntem ile ayrı ayrı elde edilmektedir. Geliştirilen hibrit model ile %90 doğruluk sağlanmıştır. Densenet201 için 87% Vgg16 için 78% Alexnet için 86% ve Resnet50 için 78% olarak bulunmuştur.

**Tablo 2.** Yapılan çalışmaların doğrulukları.

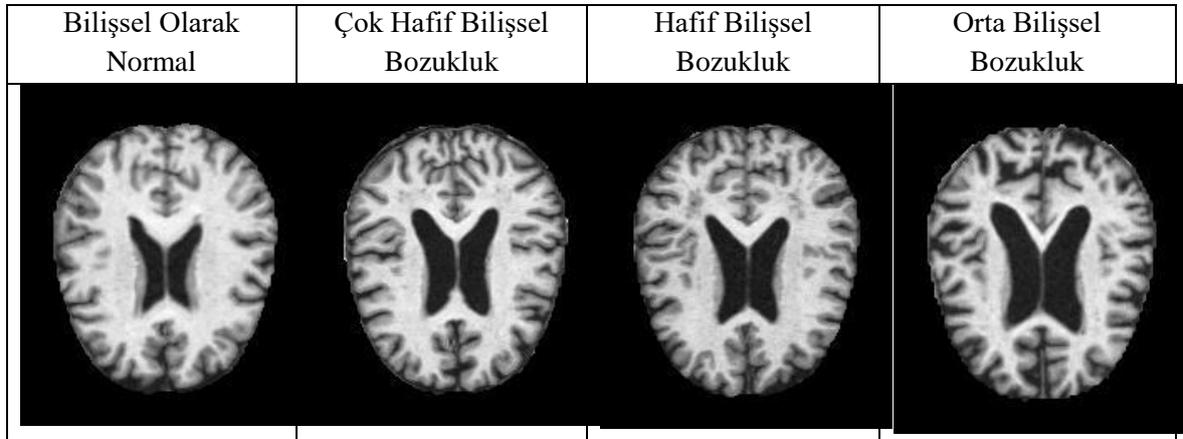
Çalışmalar	Doğruluk
Houria ve ark. (2022)	%99,79
Techa ve ark. (2022)	%89,00
Menagadevi ve ark. (2023)	%99,77
Sisodia ve ark. (2023)	%96,59
Helaly ve ark. (2022)	%97,00
Acharya ve ark. (2021)	%95,70
Mehmood ve ark. (2020)	%99,05
Öziç ve Özşen (2020)	%92,86
Liu ve ark. (2020)	%88,90
El-Geneedy ve ark. (2023)	%91,38
Murugan ve ark. (2021)	%95,23
Yıldırım ve Çınar (2020)	%90,00

## 2. Materyal ve Metot

Derin öğrenme teknikleri halihazırda geniş çapta incelenmiş ve uygulamaları birçok alanda denemekte veya kullanılmaktadır. Bu uygulamaların performansı büyük ölçüde, yüksek kaliteli ve yeterli verinin toplanmasına dayanır (Pan, 2014). Bazı durumlarda kullanılacak eğitim verisinin yeterli büyüklükte olmaması söz konusudur. Bu durumun nedenleri arasında verinin nadir olarak bulunması veya gizlilik ile ilgili endişelerin bulunması gibi durumlar vardır. Örneğin, tıp alanındaki yeni ve nadir hastalık teşhis görevleri, hem örneklerin nadir olması hem de mahremiyet endişeleri nedeniyle sınırlı eğitim verisine sahiptir. Verileri toplamak yüksek maliyetler getirebilir. Örneğin, etiketleme sadece alanında nitelikli uzmanlar tarafından yapılması gerekiyor olabilir. Bu tür senaryolarda, transfer öğrenimi performansı artırabilir. Kullanılacak veri kümesi, daha fazla verinin olduğu görev veya önceden eğitilmiş üzerinde eğitilir ve eğitilen ağırlıklar, hedef görev için bir model başlatmak üzere kullanılır (Plested ve Gedeon, 2022). Bu metot çok güçlü Grafik İşlemci Ünitesi (GPU) kullanılmasa bile az devir (Epoch) sayısı ile başarılı sonuçlar vermektedir.

Yapılan çalışmalar incelendiğinde 3 boyutlu OASIS-3, ADNI ve 2 Boyutlu Kaggle veri seti yaygın olarak kullanılmıştır. OASIS-3, 15 yıl boyunca Washington Üniversitesi Knight

Alzheimer Hastalığı Araştırma Merkezi'nde devam eden çeşitli araştırmalardan toplanan 1098 katılımcının MRG ve Pozitron Emisyon Tomografisi (PET) görüntüleme ve ilgili klinik verilerinin bir derlemesidir. Katılımcılar, 605 bilişsel olarak normal yetişkin ve yaşları 42 ile 95 arasında değişen çeşitli bilişsel gerileme aşamalarındaki 493 kişiyi içermektedir. OASIS-3 veri seti 2000'den fazla MRG kesiti içermektedir (La Montagne ve ark., 2019). ADNI-3 veri seti 1068 örnekten oluşmaktadır. 428 sağlıklı, 425 hafif bilişsel zayıflığı olan ve 215 Alzheimer hastası bireyden oluşan 3 boyutlu MRG görüntülerinden oluşan bir veri setidir (Weiner ve ark., 2017). Bu çalışmada Kaggle veri seti kullanılmıştır (Dubey, 2023). Kaggle veri seti 3 boyutlu verilerden kesit alınarak elde edilen 2 boyutlu verilerden oluşan ve 4 sınıfa sahip bir veri setidir. Toplamda 6400 veriden oluşmaktadır. Veriler Bilişsel olarak normal, çok hafif bilişsel bozukluk, hafif bilişsel bozukluk ve orta seviyede bilişsel bozukluk sınıflarına ait olacak şekilde oluşturulmuştur (Şekil 2).



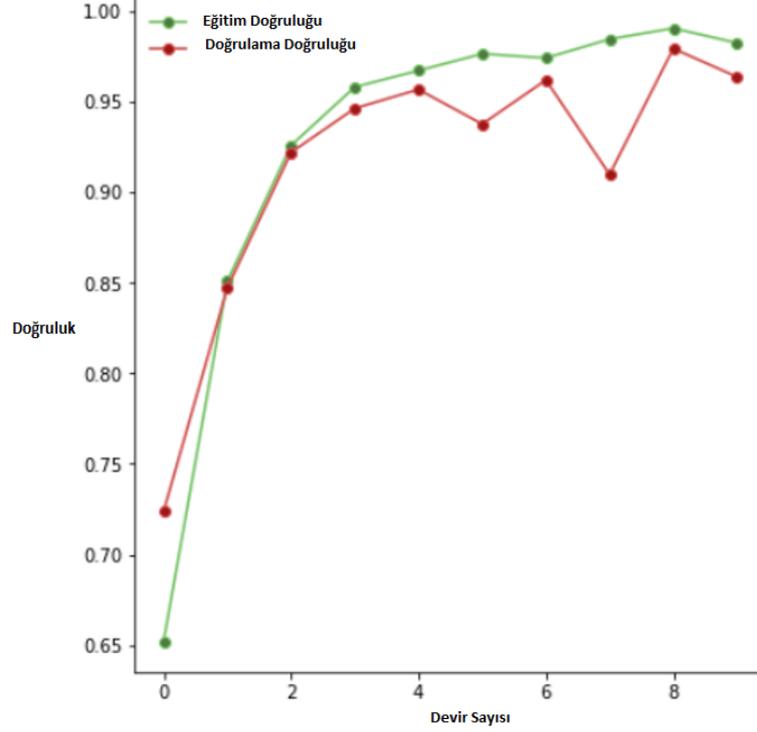
Şekil 2. Çalışmada kullanılan Kaggle veri setine ait sınıflar ve örnek resimler.

Yapılan çalışmada farklı veri setlerine ait 3 boyutlu MR kesitlerinden elde edilen 2 boyuta indirgenmiş görüntüler kullanılmıştır. Söz konusu veriler Google Drive ortamından Google Colab ortamına aktarılmıştır. Veriler test, eğitim ve doğrulama klasörlerine ayrılmıştır. Ön işlemler yapılarak veri çoğaltma uygulanmıştır. Transfer Öğrenimi metodu kullanılarak Imagenet ağını ağırlıklarıyla InceptionV3 ve EfficientNetB0V2 modelleri eğitilmiştir. Sınıflandırma katmanında 4 sınıftan oluşan verileri ayırt etmek için Softmax sınıflandırıcı kullanılmıştır. Her iki model için yapılan eğitim 10 devir (Epoch) kadar sürmüştür. Yapılan çalışmada Google Colab tarafından sunulan GPU (Grafik İşlemci Ünitesi) kullanılmıştır. Veri seti Google Drive depolama ortamına yüklenerek kullanılan bilgisayarın disk ve GPU (Grafik İşlemci Ünitesi) için fazladan iş yükü oluşturmadan eğitim tamamlanmış ve sonuçlar elde edilmiştir. Yazılım dili olarak Python3 tercih edilmiştir. Python dilinde derin öğrenme için Tensorflow ve Keras kütüphaneleri kullanılmıştır.

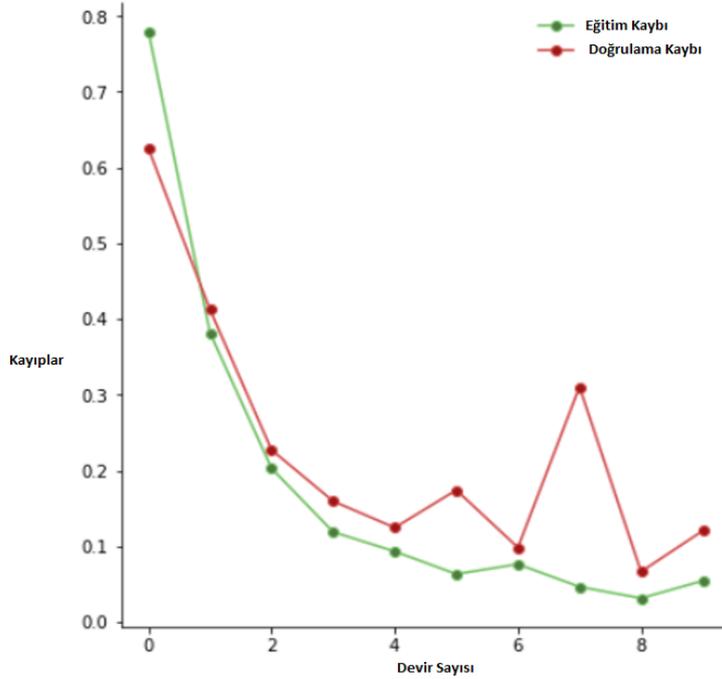
### 3. Bulgular

Yapılan çalışmada Imagenet modelinin ağırlıklarıyla eğitilen ve Softmax sınıflandırıcı ile 4 sınıfa ayrılan EfficientNetB0V2 ve InceptionV3 modellerinin eğitim sonuçları doğruluk ve kayıp grafikleriyle gösterilmiştir. Karışıklık matrisinde her iki modelin sınıfları için tek tek kesinlik, duyarlılık ve F-1 Skoru performans çıktıları olarak hesaplanıp oluşturulmuştur. Yapılan model eğitimi sonucunda EfficientNetB0V2 modeli için %98.23 genel doğruluk ve

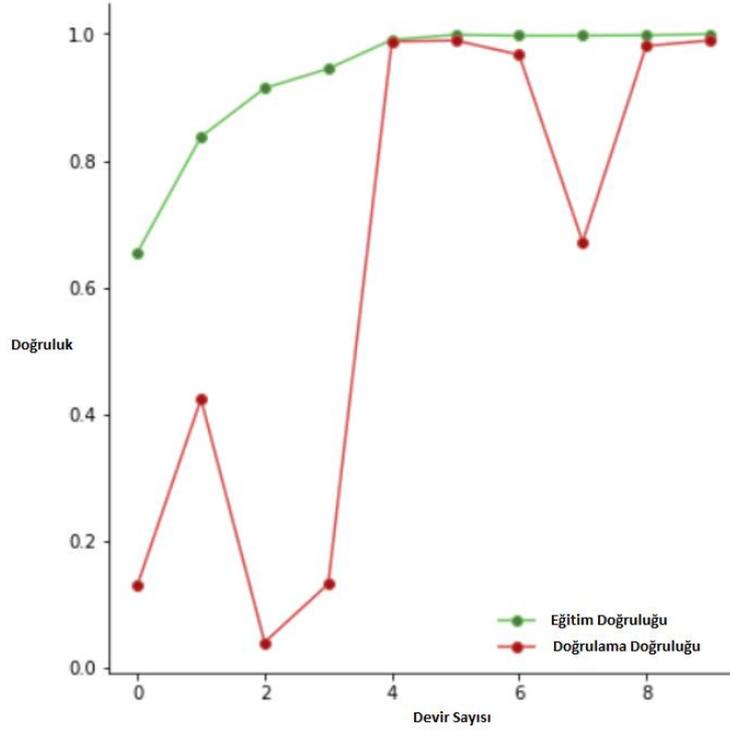
%96.35 doğrulama doğruluğuna, 0,024 genel kayıp ve 0,031 doğrulama kaybına ulaşılmıştır. InceptionV3 modeli için %99,96 genel doğruluk ve %98,96 doğrulama doğruluğuna 0,054 genel kayıp ve 0,12 doğrulama kaybına ulaşılmıştır.



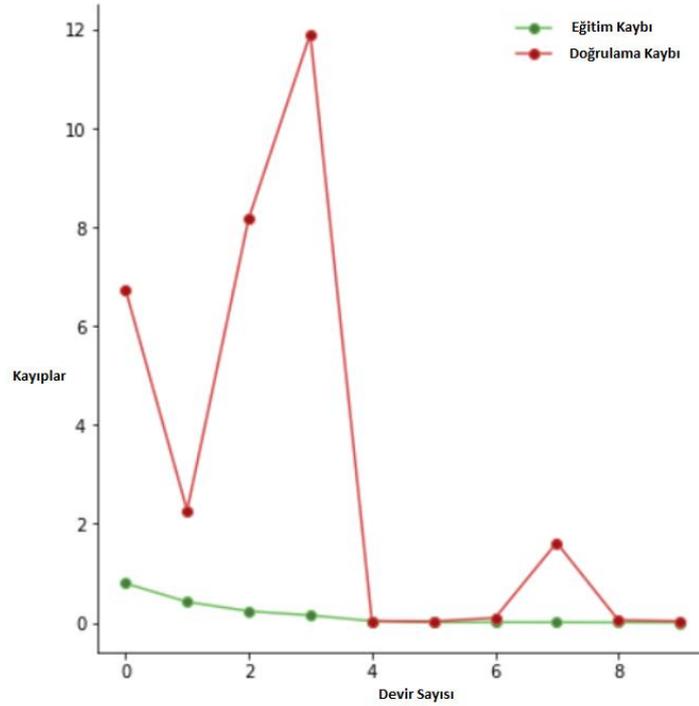
Şekil 3. EfficientNetB0V2 modeli için doğruluk grafiği.



Şekil 4. EfficientNetB0V2 modeli kayıp grafiği



Şekil 5. InceptionV3 modeli için doğruluk grafiği



Şekil 6. InceptionV3 modeli için kayıp grafiği

Şekil 5 ve Şekil 6 gösteriyor ki yapılan çalışma çok az sayıda devir(Epoch) ile EfficientNetB0V2 ve InceptionV3 modelleri için yapılan çalışmalarla kıyaslandığında tatmin edici bir doğruluğa ulaşılmıştır.

**Tablo 3.** EfficientNetB0V2 modeli sınıf dağılımı

Sınıflar	Sağlıklı	Çok Hafif	Hafif	Orta
Sağlıklı	317	2	0	0
Çok Hafif	16	202	2	0
Hafif	4	1	89	0
Orta	0	0	0	7

**Tablo 4.** InceptionV3 modeli sınıf dağılımı

Sınıflar	Sağlıklı	Çok Hafif	Hafif	Orta
Sağlıklı	318	1	0	0
Çok Hafif	3	217	0	0
Hafif	1	1	92	0
Orta	0	0	0	7

Elde edilen veriler Doğru Pozitif (DP), Doğru Negatif (DN), Yanlış Pozitif (YP) ve Yanlış Negatif (YN) olacak şekilde değerlendirilmiştir.

Kesinlik: Pozitif olarak tahmin edilen değerlerin gerçekten kaç tanesinin pozitif olduğunu göstermektedir (Efeoğlu, 2022).

$$\frac{DP}{DP+YP} \quad (1)$$

Duyarlılık: Pozitif olarak tahmin edilmesi gerekenlerin ne kadarını pozitif olarak tahmin edildiğini gösteren bir performans ölçütüdür (Efeoğlu, 2022).

$$\frac{DP}{DP+YN} \quad (2)$$

F-1 Skoru: Duyarlılık ve Kesinlik arasında harmonik bir ortalamayı temsil eder (Liu ve ark., 2014).

$$2 * \frac{Kesinlik * Duyarlılık}{Kesinlik + Duyarlılık} \quad (3)$$

Tablo 5’de EfficientNetB0V2 modeli için kesinlik duyarlılık ve F-1 Skoru çıktıları verilmiştir.

**Tablo 5.** EfficientNetB0V2 modeli performans çıktıları

	Kesinlik	Duyarlılık	F-1 Skoru
Sağlıklı	%94,06	%99,37	%96,64
Çok Hafif	%98,53	%91,81	%95,05
Hafif	%97,80	%94,68	%96,21
Orta Seviye	%100	%100	%100

Tablo 6’da InceptionV3 modeli için kesinlik duyarlılık ve F-1 Skoru çıktıları verilmiştir.

**Tablo 6.** InceptionV3 modeli performans çıktıları

	Kesinlik	Duyarlılık	F-1 Skoru
Sağlıklı	%98,75	%99,68	%99,21
Çok Hafif	%99,68	%98,63	%98,85
Hafif	%100	%97,87	%98,92
Orta Seviye	%100	%100	%100

#### 4.Tartışma ve Sonuç

AH dünyada gün geçtikçe artan bir hastalık haline gelmektedir. Bu hastalığın teşhisi için harcanan bütçe de paralel olarak artmaktadır. Tam bir tedavisi mümkün olmasa bile yavaşlatıcı önlemler ile hastalığın ilerlemesi azaltılabilmektedir. Veri azlığı, hastalığın nadir olarak çoğunlukla ileri yaşta görülmesi ve pahalı medikal sistemlerle görüntü alınması nedeniyle ortaya çıkan bir sorundur. Kullanılan transfer öğrenimi yöntemi kısıtlı veriyle yüksek doğrulukta hızlı bir öğrenme yapılmasını sağlamıştır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar başarı açısından oldukça tatmin edicidir. Sonuç olarak transfer öğrenimi yöntemi Imagenet ağırlıklarıyla EfficientNetB0V2 ve InceptionV3 modelleri için eğitilmesiyle yüksek doğrulukla ayırt edilebildiği ortaya konulmuş ve çıktıları sunulmuştur. InceptionV3 modeli için alınan %99.96 doğruluk Tablo 2.’deki çalışmalarla karşılaştırıldığında daha yüksek doğruluk oranına ulaşıldığı görülmektedir.

#### 5.Kaynaklar

- Henry, M. S., Passmore, A. P., Todd, S., McGuinness, B., Craig, D., & Johnston, J. A. (2013). The development of effective biomarkers for Alzheimer's disease: a review. *International journal of geriatric psychiatry*, 28(4), 331-340.
- Lynch, C. (2020). World Alzheimer Report 2019: Attitudes to dementia, a global survey: Public health: Engaging people in ADRD research. *Alzheimer's & Dementia*, 16, e038255.
- Alzheimer’s Disease International. (2018). World Alzheimer Report 2018. The state of the art of dementia research: New frontiers. *Alzheimer's Disease International*, 2018.

- Saraiva, C., Praça, C., Ferreira, R., Santos, T., Ferreira, L., & Bernardino, L. (2016). Nanoparticle-mediated brain drug delivery: overcoming blood–brain barrier to treat neurodegenerative diseases. *Journal of controlled release*, 235, 34-47.
- Özkay, Ü. D., Öztürk, Y., & Can, Ö. (2011). YAŞLANAN DÜNYANIN HASTALIĞI: ALZHEİMER HASTALIĞI. *SDÜ Tıp Fakültesi Dergisi*, 18(1), 35-42.
- Houria, L., Belkhamisa, N., Cherfa, A., & Cherfa, Y. (2022). Multi-modality MRI for Alzheimer's disease detection using deep learning. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 1-11.
- Techa, C., Ridouani, M., Hassouni, L., & Anoun, H. (2022, November). Alzheimer's Disease Multi-class Classification Model Based on CNN and StackNet Using Brain MRI Data. In *Proceedings of the 8th International Conference on Advanced Intelligent Systems and Informatics 2022* (pp. 248-259). Cham: Springer International Publishing.
- Menagadevi, M., Mangai, S., Madian, N., & Thiyagarajan, D. (2023). Automated prediction system for Alzheimer detection based on deep residual autoencoder and support vector machine. *Optik*, 272, 170212.
- Sisodia, P. S., Ameta, G. K., Kumar, Y., & Chaplot, N. (2023). A Review of Deep Transfer Learning Approaches for Class-Wise Prediction of Alzheimer's Disease Using MRI Images. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-21.
- Helaly, H. A., Badawy, M., & Haikal, A. Y. (2021). Deep learning approach for early detection of Alzheimer's disease. *Cognitive computation*, 1-17.
- Acharya, H., Mehta, R., & Singh, D. K. (2021, April). Alzheimer disease classification using transfer learning. In *2021 5th International Conference on Computing Methodologies and Communication (ICCMC)* (pp. 1503-1508). IEEE.
- Mehmood, A., Maqsood, M., Bashir, M., & Shuyuan, Y. (2020). A deep Siamese convolution neural network for multi-class classification of Alzheimer disease. *Brain sciences*, 10(2), 84.
- Öziç, M. Ü., & Özşen, S. (2020). 3B alzheimer MR görüntülerinin hacimsel kayıp bölgelerindeki voksel değerleri kullanılarak sınıflandırılması. *El-Cezeri*, 7(3), 1152-1166.
- Liu, M., Li, F., Yan, H., Wang, K., Ma, Y., Shen, L., ... & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2020). A multi-model deep convolutional neural network for automatic hippocampus segmentation and classification in Alzheimer's disease. *Neuroimage*, 208, 116459.
- Marwa, E. G., Moustafa, H. E. D., Khalifa, F., Khater, H., & Abdelhalim, E. (2023). An MRI-based deep learning approach for accurate detection of Alzheimer's disease. *Alexandria Engineering Journal*, 63, 211-221.
- Murugan, S., Venkatesan, C., Sumithra, M. G., Gao, X. Z., Elakkiya, B., Akila, M., & Manoharan, S. (2021). DEMNET: a deep learning model for early diagnosis of Alzheimer diseases and dementia from MR images. *IEEE Access*, 9, 90319-90329.

- Yildirim, M., & Cinar, A. (2020). Classification of Alzheimer's disease MRI images with CNN based hybrid method. *Ingénierie des Systèmes d'Information*, 25 (4): 413-418.
- LaMontagne, P. J., Benzinger, T. L., Morris, J. C., Keefe, S., Hornbeck, R., Xiong, C., ... & Marcus, D. (2019). OASIS-3: longitudinal neuroimaging, clinical, and cognitive dataset for normal aging and Alzheimer disease. *MedRxiv*, 2019-12.
- Weiner, M. W., Veitch, D. P., Aisen, P. S., Beckett, L. A., Cairns, N. J., Green, R. C., ... & Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2017). The Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative 3: Continued innovation for clinical trial improvement. *Alzheimer's & Dementia*, 13(5), 561-571.
- Dubey, S. (2023) Alzheimer's Dataset ,[Online].Available: <https://www.kaggle.com/tourist55/alzheimers-dataset-4-class-of-images>.
- Pan, S. J. (2014). Transfer Learning. *Data Classification: Algorithms and Applications*, 21, 537-570.
- Plested, J., & Gedeon, T. (2022). Deep transfer learning for image classification: a survey. *arXiv preprint arXiv:2205.09904*.
- EFEÖĞLU, E. (2022). Kablosuz Sinyal Gücünü Kullanarak İç Mekan Kullanıcı Lokalizasyonu için Karar Ağacı Algoritmalarının Karşılaştırılması. *Acta Infologica*.
- Liu, Y., Zhou, Y., Wen, S., & Tang, C. (2014). A strategy on selecting performance metrics for classifier evaluation. *International Journal of Mobile Computing and Multimedia Communications (IJMCMC)*, 6(4), 20-35.

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Challenges and Solutions for Achieving Precise Color Matching in  
Glass Printing

(İkbal Yaren Polat, Oğuzhan Evcin, Ufuk Durdu)

## Challenges and Solutions for Achieving Precise Color Matching in Glass Printing

İkbal Yaren Polat<sup>\*,1,2</sup>, Oğuzhan Evcin<sup>1,3</sup>, Ufuk Durdu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Design and Research & Development Center, Çağdaş Cam San. ve Tic. A.Ş., Kuyucak, Aydın, Türkiye,  
E-mail: ufuk.durdu@cagdascam.com.tr

<sup>2</sup>Department of Nanoscience and Nanotechnology, Institute of Natural and Applied Sciences, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, Türkiye, E-mail: ikbalyarenpolat@gmail.com, ikbalyaren.polat@cagdascam.com.tr

<sup>3</sup>Department of Materials Science and Engineering, Institute of Natural and Applied Sciences, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, Türkiye, E-mail: oguzzevcin@gmail.com, oguzhan.evcin@cagdascam.com.tr

---

**Abstract:** Glass printing is a growing field that offers unique opportunities for designers and manufacturers to create custom products with vibrant, high-quality images. However, achieving precise color matching in glass printing can be challenging due to factors such as material type, ink formulation, substrate preparation, and equipment calibration. This article discusses the challenges and solutions for achieving precise color matching in glass printing, including using white ink on tinted glass, optimizing ink formulation and curing processes, improving substrate preparation, and regular equipment calibration. Additionally, emerging trends in glass printing, such as digital printing, UV ink, and advanced printing techniques, are discussed. The article concludes by emphasizing the importance of staying up-to-date with emerging trends and best practices in glass printing to achieve the highest level of color accuracy possible.

**Keywords:** Glass printing, color matching, ink formulation

---

### 1. Introduction

Glass printing is an increasingly popular method for producing custom products such as decorative tiles, signage, and architectural glass. This technology allows for high-quality, full-color images to be printed directly onto the glass, resulting in vibrant and long-lasting designs. However, achieving precise color matching in glass printing can be challenging due to various factors that can affect the final result.

One of the main challenges in achieving precise color matching in glass printing is the material itself. Glass is a highly reflective surface, which can cause the color to appear differently depending on the angle of the light source and the viewing angle. Additionally, the transparency of the glass can affect the way that the ink appears, and the presence of any tint or color in the glass can alter the final result.

Another challenge in achieving precise color matching is the ink formulation. The ink must be specifically formulated for use on glass, and the composition of the ink can affect the color accuracy and saturation. Furthermore, the curing process for the ink can affect the final color, as well as the durability of the print.

Other factors that can affect color matching include the preparation of the substrate, the calibration of the printing equipment, and the printing technique itself. Each of these factors plays a crucial role in ensuring that the final product meets the desired color specifications.

In this article, we will discuss the challenges and solutions for achieving precise color matching in glass printing. We will explore emerging trends in glass printing, such as digital printing and UV ink, as well as best practices for substrate preparation and equipment calibration. Ultimately, this article will provide valuable insights into how to achieve the highest level of color accuracy possible in glass printing.

## **2. Challenges in Achieving Precise Color Matching in Glass Printing**

### **2.1. Material Type**

The type of glass material used for printing plays a significant role in achieving precise color matching. Glass materials can be divided into two categories: clear and tinted. Clear glass is transparent and allows light to pass through it without distortion, whereas tinted glass has color added to it, making it opaque to some degree. Tinted glass is often used for aesthetic purposes, and achieving precise color matching on tinted glass can be challenging. This is because the color of the glass substrate can affect the perceived color of the printed image [1]. Additionally, the thickness of the glass substrate can also impact color perception. A thicker glass substrate can absorb more ink, resulting in a darker printed image than a thinner substrate [2].

At the same time, the iron content of the glass also affects the print quality. As the iron content in the content increases, darker tones appear than the desired color tone. Glass type is also effective in color harmony in printing. There is a distinct color tone difference between printing on Ultraclear glass and Flat glass.

### **2.2. Variations in Glass Surface**

Glass surfaces can have various surface qualities, including texture, porosity, and reflectivity. These surface variations can significantly impact the color accuracy of printed designs [3]. For example, a matte glass surface will absorb more ink, resulting in a darker and duller print, while a glossy surface will reflect more light, causing the print to appear brighter and more vibrant. Therefore, to achieve precise color matching, the glass surface must be carefully prepared to ensure consistent ink absorption and light reflection [4].

### **2.3. Ink Formulation**

Ink formulation is another critical factor that affects color matching in glass printing. Different ink formulations have different properties, such as viscosity, surface tension, and drying time. The properties of the ink can affect the way it interacts with the glass surface and how it absorbs light. This can result in color variations in the printed image [5]. Ink formulation plays a crucial role in achieving accurate color matching in glass printing. However, glass is a non-porous material that requires specialized inks that can adhere to its surface and dry quickly [6]. Moreover, the inks must be resistant to environmental factors, such as heat, humidity, and sunlight, to prevent fading and discoloration over time. Therefore, selecting the right ink formulation that meets all these requirements is essential to achieving precise color matching in glass printing [7]. Additionally, the curing process of the ink can also impact the final color of the printed image. If the ink is not cured correctly, it can result in color shifts or fading over time [8].

## **2.4. Color Management**

Color management is the process of controlling color accuracy throughout the printing workflow. It involves calibrating and profiling the printing devices, creating accurate color targets, and ensuring that the final output matches the intended color [9]. However, achieving color accuracy in glass printing can be challenging due to the material's transparency and reflectivity. Light passing through or reflecting off the glass surface can affect the perceived color of the printed design. Therefore, accurate color management in glass printing requires specialized tools and techniques, such as spectrophotometers and colorimeters, to measure the color accurately [10].

## **2.5. Equipment Calibration**

The calibration of the printing equipment is critical to achieving precise color matching in glass printing. The printing equipment must be calibrated to ensure that the colors printed match the colors specified in the design file. This requires calibration of the inkjet heads, printer settings, and color profiles. If the equipment is not calibrated correctly, it can result in color shifts or inconsistent colors in the printed image [11].

## **2.6. Human perception**

Color perception is a complex process that involves the interaction between the human eye and the brain. Factors such as age, gender, lighting conditions, and cultural background can influence how individuals perceive color [12]. Therefore, achieving precise color matching in glass printing can be challenging, as individuals may perceive colors differently. Moreover, color perception can be affected by the surrounding environment, such as the colors of adjacent surfaces or the lighting conditions. Therefore, it is essential to consider the end-users' perspective when achieving precise color matching in glass printing [13].

## **3. Solutions for Achieving Precise Color Matching in Glass Printing**

### **3.1. Material Type**

One solution for achieving precise color matching on tinted glass is to use white ink as a base layer. The white ink can act as a neutral base, reducing the effect of the tinted glass on the final printed image. Additionally, using a lighter ink color can help compensate for the darker color of a thicker glass substrate [14].

### **3.2. Surface Preparation**

Proper surface preparation is essential for achieving accurate color matching in glass printing. Surface treatment techniques such as sandblasting, etching, or polishing can help to create a smoother and more even surface, providing a better foundation for ink adhesion [15]. And using specialized ink formulations that can adhere well to uneven surfaces can help to improve color consistency. Additionally, the use of specialized cleaning solutions can ensure that the glass substrate is free of contaminants that can affect ink adhesion. The substrate can also be treated with anti-reflective coatings to reduce glare and improve color accuracy [16].

### 3.3. Ink Selection and Formulation

Selecting the right ink formulation is critical for achieving accurate color matching in glass printing. Ink manufacturers offer a variety of ink formulations designed for different types of glass surfaces, including clear, frosted, and textured glass. It's essential to choose an ink formulation that matches the desired color and has the right level of opacity or translucency to achieve the intended color and effect [17].

Ink formulation plays a significant role in achieving precise color matching in glass printing. Different types of ink can have varying levels of opacity, translucency, and reflectivity, which can affect the way light interacts with the glass surface and the printed design. Moreover, the ink's viscosity, drying time, and curing process can affect color accuracy and consistency. Density determination by viscometer is shown in Figure 1.



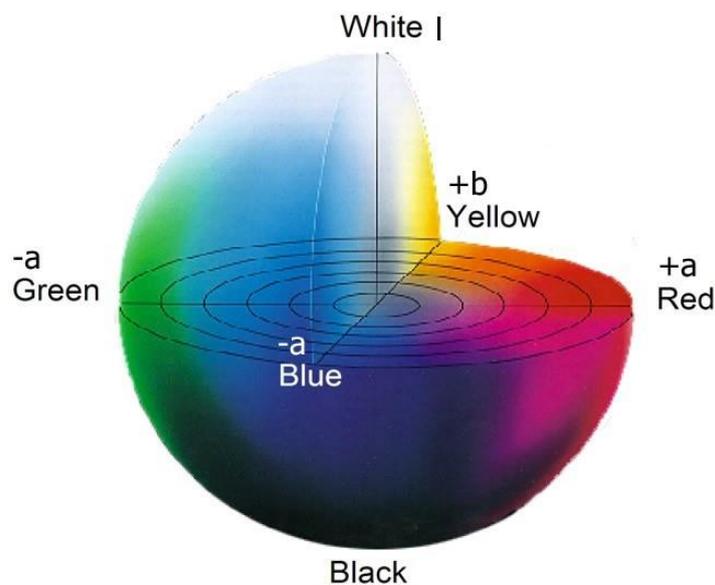
**Figure 1.** Density Determination by Viscometer

For example, when printing on clear glass, using opaque ink can result in a darker and more saturated color than intended, while using translucent ink can result in a lighter and less vibrant color [18]. Therefore, selecting the right ink formulation is critical for achieving accurate color matching in glass printing.

### 3.4. Color Management

Accurate color management is critical to achieving precise color matching in glass printing. This involves using specialized tools and techniques to calibrate and profile the printing devices, create accurate color targets, and ensure that the final output matches the intended color. In glass printing, specialized color management tools and techniques are required to account for the material's transparency and reflectivity. For example, spectrophotometers and colorimeters can measure the color accurately by measuring the light that passes through or reflects off the glass surface [19]. Additionally, color management software can help designers and printers simulate how the printed design will appear under different lighting conditions, enabling them to adjust the color accordingly [20].

Moreover, color management experts can provide guidance on color matching techniques, including selecting the right color profiles, color calibration, and using color standards such as Pantone or RAL [21]. L, a, b color values should also be used effectively in color matching. In Figure 2, the colors expressed by the L, a, b values are given.



**Figure 2.** Semantic Distribution of Color Measurement Values

### 3.5. Equipment Calibration

Calibration of the printing equipment is critical to achieving precise color matching in glass printing. The equipment must be calibrated regularly to ensure that the colors printed match the colors specified in the design file. This can be achieved through the use of color management software, which can create and apply color profiles to the printing equipment. Additionally,

inkjet heads can be calibrated to ensure that the ink is deposited accurately and consistently on the glass substrate [22].

If we give an example from screen printing, the template and scraper height, squeegee angle and speed of the machine are effective in printing color and pattern. Also the tension meter is a tool used in screen printing to measure the tension of the screen mesh. Proper tension is crucial in achieving high-quality prints, as it ensures that the ink is evenly distributed across the screen and that the print is sharp and clear.

The tension meter works by applying a known amount of pressure to the screen mesh and measuring the amount of deflection or stretch that occurs. The screen tension is then calculated based on the amount of pressure applied and the amount of stretch that occurred. Figure 3 shows an example of tension measurement of the screen mesh.



Figure 3. Screen Mesh Tension Measurement with Tensionmeter

### 3.6. User Testing

User testing is an effective way to overcome human perception challenges in achieving precise color matching in glass printing. Creating color samples or prototypes and showing them to a representative group of end-users under different lighting conditions can provide valuable feedback on how the design appears under different lighting conditions and how it is perceived by different individuals. Based on the feedback, adjustments can be made to the design or color management process to achieve more accurate color matching.

Moreover, involving end-users in the color selection process can help to ensure that the printed design matches their expectations and preferences. This can lead to higher customer satisfaction and reduce the need for costly reprints.

### 4. Emerging Trends in Glass Printing

The field of glass printing is continuously evolving, and there are emerging trends that can impact color matching in glass printing.

#### **4.1. Digital Printing**

Digital printing is becoming more prevalent in glass printing. Digital printing allows for precise control over ink deposition, resulting in more consistent and accurate colors. Additionally, digital printing can reduce the need for expensive tooling and setup costs associated with traditional screen printing [23].

#### **4.2. UV Ink**

UV-curable inks are becoming increasingly popular in glass printing. UV inks cure quickly, reducing the risk of color shift or fading over time. Additionally, UV inks can be formulated to produce vibrant colors and can be used on a range of glass substrates [24].

#### **4.3. Advanced Printing Techniques**

Advanced printing techniques, such as direct-to-glass printing, are also emerging in the field of glass printing. Direct-to-glass printing involves printing directly onto the glass surface without the need for a transfer film or pre-treatment coating. This technique can improve color accuracy and reduce production time and costs [25].

### **5. Conclusion**

Achieving precise color matching in glass printing is essential to ensure that the final product meets the desired specifications. However, this can be challenging due to various factors that can affect the final result. In this article, we have discussed several solutions to overcome these challenges and achieve the highest level of color accuracy possible in glass printing.

One solution is to use white ink on tinted glass to create a neutral base color that will enhance the vibrancy and accuracy of the ink colors. Additionally, optimizing ink formulation and curing processes can improve color accuracy and durability. Improving substrate preparation, such as using special coatings or treatments, can also enhance the ink adhesion and color consistency.

Equipment calibration is another critical factor in achieving precise color matching. Regular calibration of the printing equipment, including inkjet heads and software, can ensure that the ink is delivered precisely to the substrate. Moreover, advanced printing techniques such as direct-to-glass printing, digital printing, and UV ink can further enhance color accuracy and reduce the time and cost of production.

In conclusion, achieving precise color matching in glass printing requires a combination of specialized equipment, ink formulation, substrate preparation, and best practices in printing techniques. By staying up-to-date with emerging trends and incorporating best practices into the production process, manufacturers and designers can produce high-quality and visually stunning glass prints that meet their desired color specifications.

### **References**

- [1] Bos, R. R. M. (2011). Color Management in Glass Printing. *Glass Worldwide*, 46, 32-34.

- [2] Janney, M. A., & Novembre, A. E. (2005). Determining Color Reproduction Accuracy for Glass Printing. *Color Research & Application*, 30(3), 220-227.
- [3] Li, J., Zhang, Y., & Gao, S. (2017). Research on Color Matching Technology in Glass Printing Based on Neural Network. 2017 5th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering (ICADME).
- [4] Park, J. H., & Hwang, J. H. (2015). Influence of Surface Texture and Thickness of Glass Substrates on Color Difference in Inkjet Printing. *Journal of Imaging Science and Technology*, 59(5), 50503.
- [5] Wang, S., & Sauer, K. (2017). Inkjet Printing of Glass. *Journal of the American Ceramic Society*, 100(10), 4497-4515.
- [6] Kulkarni, P., Nimbalkar, P., & Sangawar, V. (2016). A Review on Glass Printing. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, 3(1), 167-172.
- [7] Singh, S., & Dhiman, A. (2017). Ink-Jet Printing on Glass Surfaces: An overview. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*, 5(9), 201-204.
- [8] Wang, C., Ma, X., & Sun, D. (2016). Study on the Color Shift of Glass Printing Caused by UV Radiation. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 27(9), 9403-9407.
- [9] Berns, R. S. (2000). *Billmeyer and Saltzman's Principles of Color Technology* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- [10] Liu, J., Zhang, Q., & Qin, Y. (2020). Color Management and Control for Transparent and Reflective Materials in Printing. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 69(1), 372-379.
- [11] Chang, W. L., Huang, J. W., Chen, J. H., & Chen, Y. L. (2011). Calibration of Color Inkjet Printing System for Glass Substrate. *Journal of the Chinese Institute of Engineers*, 34(4), 431-437.
- [12] Kuehni, R. G., & Schwarz, A. (2008). *Color Science: Concepts And Methods, Quantitative Data and Formulae*. John Wiley & Sons.
- [13] Kim, Y., & Kim, Y. (2020). Effect of Environmental Factors on Visual Color Perception for Glass Products. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 43(2), 190-197.
- [14] Watanabe, H., Katsube, T., & Kuwabara, K. (2012). Colorimetric Characteristics of White Ink on a Tinted Glass Substrate for Automotive Applications. *Color Research & Application*, 37(3), 211-218.
- [15] Fasoli, A. (2015). Glass Decoration by Digital Printing. *Procedia Manufacturing*, 1, 538-546. doi: 10.1016/j.promfg.2015.09.085

- [16] Hu, W., & Chen, G. (2019). Substrate Surface Treatment Technologies for High-Precision Inkjet Printing on Glass. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(22), 19656-19673.
- [17] Nazdar Ink Technologies. (n.d.). Glass Screen Printing Inks. <https://www.nazdar.com/en-us/products/screen/glass>
- [18] Galvin, P. (2012). Color Matching for Glass Decoration. *Glass Worldwide*, 47(2), 28-31.
- [19] Kim, Y., & Kim, Y. (2017). Measurement and Characterization of Color of Glass Products. *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, 40(4), 396-404.
- [20] Liu, J., Zhang, Q., & Qin, Y. (2019). Simulation and Verification of Spectral Reflection Characteristics of Color Prints on Transparent and Reflective Substrates. *Journal of Imaging Science and Technology*, 63(1), 10503-1.
- [21] ColorLogic. (n.d.). Color Management Solutions for Glass Printing. <https://www.colorlogic.de/en/home/industries/glass-printing/>
- [22] Kao, Y. C., Chen, Y. C., Chen, C. C., & Chen, S. M. (2019). Calibration And Inkjet Head Alignment For High-Precision Glass Printing. *Journal of Manufacturing Systems*, 50, 87-94.
- [23] Tang, W. C., & Liao, Y. H. (2016). Glass Digital Printing Technology For The Creation Of Fine Art. *Procedia CIRP*, 42, 119-124.
- [24] Ohashi, Y., & Hirai, T. (2017). UV-Curable Ink For Glass Printing. US Patent No. 2017/0179973 A1.
- [25] Al-Atabi, M., & Zhang, Y. (2020). Direct-To-Glass Printing: A Review. *Journal of Materials Science*, 55(14), 5749-5775.

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Belirli Bir Meslek Grubunda Çalışan Kişilerde Farklı Partikül  
Boyutlarında PAH Maruz Kalma Düzeylerinin Araştırılması

(İşıl Çelik Sağlam, Kutay Apaydın, Banu Çetin)

## Belirli Bir Meslek Grubunda Çalışan Kişilerde Farklı Partikül Boyutlarında PAH Maruz Kalma Düzeylerinin Araştırılması

Işıl Çelik Sağlam<sup>1</sup>, Kutay Apaydın<sup>2</sup>, Banu Çetin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,  
E-mail: icelik@gtu.edu.tr

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,  
E-mail: kutay.apaydin2017@gtu.edu.tr

<sup>3</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü,  
E-mail: bcecin@gtu.edu.tr

**Özet:** İnsanların ortalama günde 8 saat çalıştığı düşünülürse, çalışma ortamlarının insan sağlığı üzerinde çok önemli etkilere sahip olduğu aşikârdır. Önemli kirletici gruplarından olan Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAH'lar) çalışma alanındaki varlığı çalışan sağlığı açısından büyük risk teşkil etmektedir. PAH'ların insanlar için kanserojen ya da muhtemel kanserojen olarak tanımlandıklarından özellikle çalışma şartları dikkate alınarak mesleki gruplar açısından izlenmeleri büyük önem taşımaktadır. . Bu zamana kadar mesleki maruziyetler üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, bunların genel iç ortam havasının örneklenmesi, idrarda biyobelirteçler ya da mevcut veriler işlenerek vaka-kontrol çalışmaları ile sınırlı kaldığı görülmüştür. Dolayısıyla çalışanların kişisel maruziyetlerini belirlemek için soludukları havayı en iyi simüle eden yöntemlerin belirlenmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışma kapsamında bir üniversite yerleşkesinde bulunan kantinde çalışanların yakalarına takılan ve soludukları havayı temsil eden kişisel kaskat örnekleme cihazları kullanılarak pişirme işlemi yapılan izgaradan kaynaklanan kirleticilere maruz kalma düzeylerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda kaskat örnekleme cihazları modifiye edilip cam kolona reçine doldurularak gaz fazında bulunabilecek PAH seviyeleri de belirlenmiştir. Örnekleme farklı günlerde ve 5 gün süreyle yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde 9,8 µm'den büyük partiküllerde ve 1,55 µm küçük partiküllerde yüksek PAH konsantrasyonları bulunmuştur. Sağlık etkisi düşünüldüğünde 1,55 µm'den küçük partiküllerin yoğunluğunun fazla olması dikkat çekici bir noktadır. Günlük toplam PAH konsantrasyon ortalaması 265,0 - 570,4 ng/m<sup>3</sup> aralığında değişmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** PAH, kişisel kaskat örnekleme cihazları, kişisel maruziyet

### Giriş

Ortamdaki hava kirliliği çalışanlarda konsantrasyon düşüklüğü, baş ağrısı, burun akıntısı, halsizlik gibi sorunları beraberinde getiren Hasta Bina Sendromuna neden olmaktadır. Daha çok ofis çalışanlarında gözlemlenen ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı'nın verilerine göre mücadele edilmesi gereken ilk 10 sağlık sorunu arasında 4. sıraya yerleştirilmiş olan "Hasta Bina Sendromu", çalışma süresi boyunca yetersiz havalandırma koşullarında mevcut kirleticilere maruz kalınması durumunda ortaya çıkar (Akai, 2013). Dolayısıyla, çalışan sağlığını korumak adına düzenli ölçümler yapmak gerekli önlemlerin alınabilmesi açısından önem arz etmektedir. Avrupa Birliği ve ABD Çevre Ajansı havada bulunan ve sağlığa olumsuz etkileri olan kirleticilerin listesini ve bunların limit değerlerini kapsayan bir mevzuat geliştirmiştir (<https://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>). Bu listede yer alan

önemli kirletici gruplarından olan PAH'lar çalışma alanındaki varlığı çalışan sağlığı açısından büyük risk teşkil etmektedir. PAH'lar insanlar için kanserojen ya da muhtemel kanserojen olarak tanımlandıklarından özellikle çalışma şartları dikkate alınarak mesleki gruplar açısından izlenmeleri büyük önem taşımaktadır. Mesleki maruziyet sınırları genellikle bir iş günü (8 saat) veya kısa vadeli bir eşik sınırındaki zaman ağırlıklı ortalama hava konsantrasyonlarına dayandırılmaktadır. İsveç'te, naftalin ve benzo(a)piren mesleki maruziyet sınırları yayınlanmıştır (AFS, 2015: 7). ABD Çevre Koruma Ajansı (US EPA) 16 öncelikli PAH grubunu sınıflandırmış ve bunlardan on birine, benzo (a) pirene göre kanser potansiyeline dayalı olarak toksik eşdeğerlik faktörleri atamıştır. Bu nedenle, maruziyet çalışmalarına dahil edilen PAH'ların sayısını en üst düzeye çıkarmak, maruz kalma senaryoları ve ilgili riskler hakkındaki bilgi birikiminin artırılması için mesleki grupların maruziyet açısından incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Partikül boyutu kirleticilerin sağlık üzerine etkileri ile direkt olarak ilişkilidir. 10 mikrondan büyük partiküllerin çoğu burun ve nazofarenkslerde tutulurken 10 mikrondan küçük olanlar bronşlarda birirmektedir. Bununla birlikte 1-2 mikron çapındakiler alveollere kadar inebilirken 0,1 mikron çapındaki partiküller ise daha da içeriye intrakapiller aralığa difüze olabilmektedirler (Özdemir vd. 2010; Toprak vd., 2013; Uzun vd., 2019). Akciğerlerin en derinlerine nüfuz edebilen boyutlardaki partiküllere tutunmuş kirleticilerin uzun süre solunması ciddi sağlık sorunlarının yaşanmasına sebebiyet vermektedir. TÜİK'in 2019 yılı için açıkladığı istatistikler incelendiğinde Türkiye'deki ölümlerin ikinci büyük kısmı, %18,4 ile iyi ve kötü huylu tümörlerden kaynaklandığı görülmekte ve bu tümörlerin %30,2'sini gırtlak ve soluk borusu / bronş / akciğer tümörleri oluşturmaktadır. Kanserojenik/mutajenik yapısı birçok çalışmada kanıtlanmış olan PAH'ların (Alver vd., 2012; Vu vd., 2011) farklı boyutlardaki konsantrasyonlarının incelenmesi bu bakımdan önem arz etmektedir. PAH'ların özellikle benz[a]antrazen benzo[a]piren benzo[b]fluoranten, benzo[j]fluoranten, benzo[k]fluoranten, krizen, dibenz[a,h]antrazen ve indeno [1,2,3-c,d]piren gibi türlerinin canlı sağlığı için çok zararlı olabildiği, laboratuvar hayvanlarında solunum, beslenme ve dokunma yoluyla etkileşimde tümöre sebep olduğu rapor edilmiştir (Kurada, 2015). Yapılan başka bir çalışmada PAH'lara maruz kalma ile doğuştan kalp hastalıklarına sahip olma arasındaki ilişkinin belirlenmesi için Ulusal Doğum Kusurlarını Önleme Çalışması'ndan (1997–2011) elde edilen verileri kullanarak, annenin PAH'lara maruziyeti ile bebeklerde oluşabilecek kalp hastalıkları arasındaki ilişkiyi incelemek için bir vaka-kontrol çalışması yürütülmüştür. Gebe kalmadan önceki aydan itibaren annenin mesleği ve çalışma şartları da dikkate alınarak kümülatif PAH maruziyetleri nicel olarak haritalanmıştır. Sonuçlar gebeliğin erken dönemlerinde tahmini kümülatif mesleki PAH maruziyetinin en yüksek çeyreğinde yer alan kadınların, mesleki PAH maruziyeti olmayan kadınlara kıyasla, kalp kusuru olan çocuklara sahip olma olasılığının daha yüksek olduğunu göstermiştir (Patel vd., 2020). Yapılan çalışmalar, ateşe dayanıklı malzemeler ve bitüm üreten fabrikalarda işyeri ortamında artan PAH konsantrasyonlarına maruz kalan işçilerin beyaz kan hücrelerinde DNA ipliği kırılmalarına neden olabileceğini göstermiştir (Marczynski vd., 2005; Cavallo vd., 2006; Chao vd., 2008). Dahası, mesleki olarak PAH'a maruz kalan kok fırını işçilerinde DNA hasarı veya oksidatif hasar lezyonları görülme ihtimalinin çok daha yüksek olduğu bulunmuştur (Cheng vd., 2005; Chao vd., 2008). Bu veriler, PAH'ların genotoksik maddeler olduğunu göstermektedir. Yakın zamanda yapılan bir mesleki çalışma, PAH ile maruziyetine neden olan meslek gruplarının, akciğer ve mesane kanseri risklerinin arttığını göstermiştir (Bosetti vd., 2007). Epidemiyolojik bir çalışma, demir ve çelik

dökümhanesi işçilerinde akciğer ve mesane kanseri riskinin daha yüksek olduğunu da göstermiştir (Bosetti vd., 2007).

PAH'ların mutajenik, toksik ve kanserojen olduğu bilinmektedir ve bu olumsuz sağlık etkilerinden dolayı çevrede bulunan miktarlar, yiyecek ve içecekler insan sağlığı için önemli hale gelmiştir. Evde PAH'lar tütün dumanında, yanan odun dumanında, tahıllarda, ekmekte, sebzelerde, meyvelerde, etlerde, işlenmiş veya salamura edilmiş ürünlerde, kontamine inek sütünde veya anne sütünde bulunur. Kirilenmiş toprakta, havada ve suda yetiştirilen ürünler de PAH'lar içerir. Et veya diğer yiyecekleri ızgarada veya yüksek sıcaklıklarda pişirmek, yiyeceklerdeki PAH miktarının artmasına neden olur (Šimko, 2002). Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi (EFSA); et ve et ürünlerinin, tüketicilerin günlük diyet PAH bileşiklerini almasına neden olan en önemli gıda kaynaklarından biri olduğunu bildirmiştir. Et ürünlerinde oluşan PAH bileşiklerinin miktarı etin yağ içeriğine, oksijen konsantrasyonuna, işlemede kullanılan ısı kaynağının türü ve sıcaklığı, gıda ile ısı kaynağı arasındaki mesafe ve işlem süresi (Onopiuk vd., 2021). Özellikle gıdanın alevle direkt teması, ısıl işlem süresinin uzaması ve ısıl işlem sıcaklığının yüksek olması Proteinli Gıdalardaki PAH bileşiklerinin miktarını arttırmaktadır

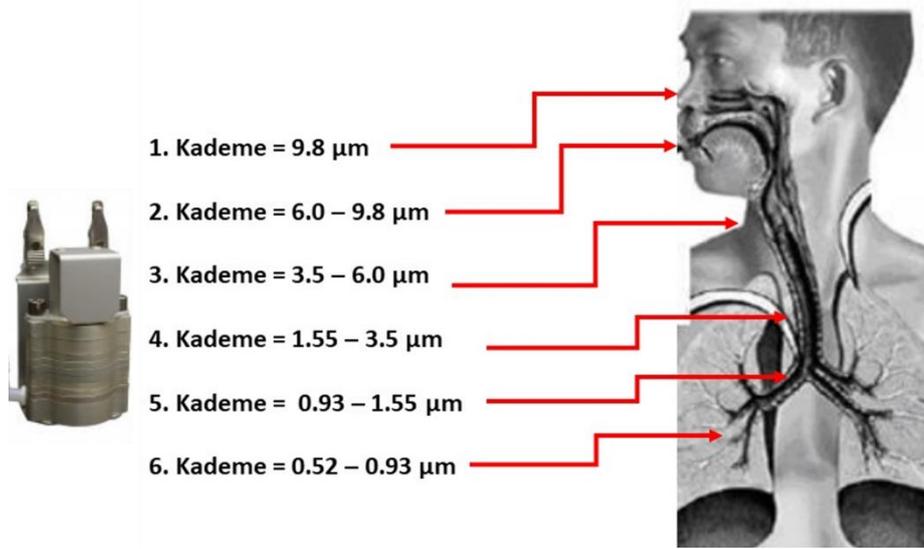
PAH'lar ve partikül maddelerin, hava, su ve toprak gibi ortamlardaki konsantrasyon değerleri, bu tür ortamlardaki davranış ve taşınımları tüm dünyada araştırma konusu olmuştur. Aynı şekilde literatürde iç ortamlardaki seviyeleri ile ilgili de birçok araştırma yapılmıştır. Ancak meslek gruplarında çalışanların maruziyeti üzerine yapılan çalışmalar çok sınırlıdır. Literatürde yapılan işyerlerinde PAH maruziyetinin izlenmesi çalışmaları genellikle çalışanların idrar örnekleri toplanarak yapılan biyobelirteçler ile ya da çalışılan iç ortam havasının incelenmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Kişisel pasif hava örnekleyicileri olarak poliüretan köpük kullanılan yapılan az sayıda çalışma da mevcuttur. Fakat kişisel maruziyet ile ilgili çalışma mevcut değildir. Dolayısıyla çalışanların kişisel maruziyetlerini belirlemek için soludukları havayı en iyi simüle eden yöntemlerin belirlenmesinin gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada daha önceden yapılan çalışmalardan farklı olarak kişinin yakasına takılan ve soluduğu havayı temsil edecek kaskat tipi kişisel örnekleyici ile kişisel maruziyetler ilk defa belirlenmiştir. Bunun yanında insan sağlığı için çok önemli olan partikül boyutları da 7 farklı boyut için ilk defa yapılacak olup farklı parçacık boyutlarında tutunan PAH türleri ve konsantrasyon değerleri belirlenmiştir.

## Materyal ve Metod

Belirlenen meslek grubunda çalışan bireylerin kişisel PAH maruziyetlerini ölçmek için üniversite yerleşkesinde bulunan kantin ızgarası seçilmiştir. Bu kapsamda seçilen işletmenin PAH konsantrasyonunun maruziyet üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Bu kişi bir iş günü boyunca kişisel kaskat (çok katlı) örnekleyiciyi taşımak zorundaydı. Çalışma koşullarındaki olası değişiklikleri belirlemek için örnekleme haftanın her gününü temsil eden farklı günlerde 5 kez tekrarlanmıştır.

Kişisel maruziyeti belirlemede, kişinin soluduğu havayı simüle etmek için yakanın yakınına kişisel kaskat örnekleyici tertibatı takılmıştır. Bu amaçla 34 mm çapında cam yünü filtreler kullanılarak çalışan Tisch markalı 6 aşamalı kişisel kaskat örnekleyici (TE-296) kullanılmıştır. Bu aparat ile 7 farklı partikül büyüklüğünde numune toplanabilmektedir (>9.8, 9.8-6, 6-3.5, 3.5-

1.55, 1.55-0.93, 0.93-0.52 ve  $<0.52 \mu\text{m}$ ). Cihazın özel tasarımındaki temel amaç, insan üst solunum yollarından alveollere kadar tüm solunum sistemini etkileyen cut-off çaplı partiküllerin örneklenmesidir. Bu nedenle, kişisel kaskat örnekleyici ile toplanan parçacıklar, insanlar tarafından solunabilen ve akciğerlerin farklı bölgelerine inebilen tozu temsil eder (Şekil 1). Örnekleme sisteminin en önemli unsurlarından biri akış kontrolüdür. Hava akışı, sisteme kalıcı olarak takılan bir akış ölçer tarafından kontrol edilmiştir. Akış kontrolü için sisteme bir hava ölçer de eklenmiştir. Vakum pompası tarafından çekilen hava numunesi önce Kaskat çarpma tertibatından sonra debimetreye ve oradan da hava ölçere geçmiştir. Örnekleyci, kullanımı pratik ve çok hafif olduğundan kullanıcıyı rahatsız etmeyecek şekilde tasarlanmıştır. Ek olarak, kademeli çarpma tertibatı, çarpma tertibatının çıkışına XAD reçinesi ile doldurulmuş bir cam tüp eklenerek gaz halindeki PAH'ları toplamak üzere modifiye edilmiştir.



**Şekil 1.** Kişisel kaskat örnekleyici, kesme yarıçapları ve bu boyutların insan vücuduna etkileri

Sonuç olarak, 5 günlük numune alma sonucunda 7 farklı partikül boyutunda toplam 35 numune ve 5 reçine numunesi alınmıştır. Numuneler toplandıktan sonra kaskattaki filtreler steril bir şekilde çıkarılmıştır. Çıkarılan filtreler şişelere yerleştirilmiş ve üzerine 30 ml aseton hekzan karışımı (1:1) eklenmiştir. Reçineler için de aynı işlem uygulanmıştır. Ekstraksiyondan önce, tüm örneklere şahit standartlar eklenmiş ve bir gece boyunca karanlıkta tutulmuştur. Ardından kalıntıları gidermek için cam yünü yardımıyla filtreleme yapılmıştır. Daha sonra ekstrakt hacmi 50 derece su sıcaklığında döner buharlaştırıcı kullanılarak 5 ml'ye düşürülmüştür. Birinci buharlaştırmadan sonra numuneye 10 ml hekzan ilave edilmiş ve tekrarlanmıştır. Bu buharlaştırmanın ardından 5 ml daha hekzan ilave edilerek son buharlaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Böylece, aseton numunenin tamamında çıkarılmış hekzana aktarım yapılmıştır. Bu işlem tamamlandıktan sonra azot gazı kullanılarak 100  $\mu\text{l}$  nihai numune hacmi elde edilmiştir. Bu prosedür tüm örneklere uygulanmıştır. Filtrelerin ekstraksiyonundan ve hacim azalmasından sonra, Agilent (6890N) GC/MS (5975C inert MSD) cihazı ile HP5-MS (30 m, 0.25 mm, 0.25  $\mu\text{m}$ ) kolonu kullanılarak PAH analizleri yapılmıştır.

## Sonuç

Bu çalışma, ızgara ile pişirme işinde çalışan işçilerin kişisel PAH maruziyetini hesaplamak için yapılmıştır. Bu kapsamda üniversitesi yerleşkesinde bulunan kantinde 5 gün boyunca örnekleme yapılmış ve sonuçlar her bir partikül boyutu için bireysel PAH'ların genel ortalaması için Tablo 1'de verilmiştir. PAH'lar çoğunlukla 9,8 partikül boyutundan büyük ve 9,8  $\mu\text{m}$  ve 1,55  $\mu\text{m}$  aralığında birikmiştir. 1,55  $\mu\text{m}$ 'den küçük parçacıkların sağlık etkisi göz önüne alındığında, bu parçacık aralıklarının (yaklaşık 1700  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) altındaki yüksek PAH konsantrasyonları nedeniyle bu sonuçlar çok önemlidir.

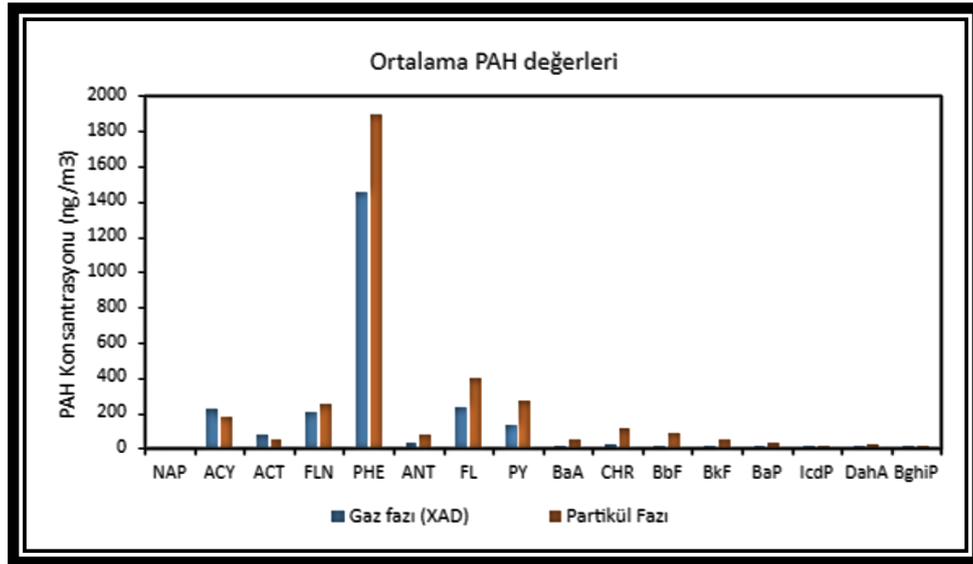
**Tablo 1.** 5 gün boyunca elde edilen her parçacık boyutu için ortalama PAH konsantrasyonu ( $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

	> 9.8 $\mu\text{m}$	9.8 $\mu\text{m}$	6 $\mu\text{m}$	3.5 $\mu\text{m}$	1.55 $\mu\text{m}$	0.93 $\mu\text{m}$	0.52 $\mu\text{m}$	<0.52 $\mu\text{m}$
<b>ACY</b>	23.0	25.7	14.5	17.7	19.8	22.7	26.9	24.8
<b>ACT</b>	6.9	5.8	5.1	5.0	4.7	5.9	7.5	5.2
<b>FLN</b>	33.2	40.1	22.6	22.3	35.0	29.3	34.5	30.5
<b>PHE</b>	306.3	382.6	136.0	146.9	290.8	194.8	234.5	198.6
<b>ANT</b>	16.6	17.5	6.0	6.3	7.8	7.4	7.3	7.7
<b>FL</b>	71.5	81.7	30.8	30.0	69.7	36.1	37.8	38.4
<b>PY</b>	49.2	58.4	20.3	19.1	46.4	24.1	27.6	24.9
<b>BaA</b>	10.6	6.3	3.4	3.9	4.9	9.1	5.1	7.0
<b>CHR</b>	14.9	16.2	6.6	8.9	9.1	5.6	47.8	8.1
<b>BbF</b>	14.0	16.2	7.9	4.4	17.9	6.4	8.2	7.9
<b>BkF</b>	8.2	9.7	3.7	2.2	13.4	4.0	4.9	3.7
<b>BaP</b>	6.8	2.7	4.0	3.5	5.3	3.6	3.7	2.9
<b>IcdP</b>	3.9	3.1	1.3	0.8	2.3	1.5	1.2	0.5
<b>DahA</b>	3.9	3.5	2.2	1.2	2.8	1.7	6.5	2.2
<b>BghiP</b>	1.5	1.2	0.8	1.0	0.5	0.7	0.6	0.9
<b><math>\Sigma_{16}\text{PAH}</math></b>	570.4	670.6	265.0	273.3	530.6	352.6	454.1	363.4

\*Naphthalene (NAP), Acenaphthylene (ACY), Acenaphthene (ACT), Fluorene (FLN), Phenanthrene (PHE), Anthracene (ANT), Fluoranthene (FL), Pyrene (PY), Benz(a)anthracene (BaA), Chrysene (CHR), Benzo(b)fluoranthene (BbF), Benzo(k)fluoranthene (BkF), Benzo(a)pyrene (BaP), Indeno(1,2,3-cd)pyren (IcdP), Dibenz(a,h)anthracene (DahA), Benzo(g,h,i)perylene (BghiP).

Ortalama PAH konsantrasyonları, her parçacık boyutu için elde edilen tüm konsantrasyonlar tablolaştırılmış ve genel ortalama PAH'lar elde edilmiştir (Şekil 2). Şekilden görülebileceği gibi, PHE en baskın PAH'lar olarak bulunmuş, ardından FL, PY ve FLN gelmiştir. Bu sonuçların hava, toprak ve su gibi farklı çevresel bölümler için literatürle tutarlı olduğu gözlemlenmiştir.

Birinci gün analizlerinde bulunan PAH konsantrasyonları sırasıyla; PHE, CHR, FLN, BaA, FL, PY ve DahA fazla bulunmuştur. İlk günde elde edilen verilerde, her parçacık boyutu için toplam PAH konsantrasyonu birikimi 9,8  $\mu\text{m}$ 'den büyük olanlar, 9,8  $\mu\text{m}$ - 6 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar ve 0,93  $\mu\text{m}$  – 0,52 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar fazla bulunmuştur. Toplam PAH 1293  $\text{ng}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. İkinci gün analizlerinde bulunan PAH konsantrasyonları sırasıyla; PHE, CHR, FL ve PY fazla bulunmuştur. İkinci günde elde edilen verilerde, her parçacık boyutu için toplam PAH konsantrasyonu birikimi 9,8  $\mu\text{m}$ 'den büyük olanlar, 9,8  $\mu\text{m}$ - 6 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar ve 0,93  $\mu\text{m}$  – 0,52 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar ve 0,52 $\mu\text{m}$  küçük olan konsantrasyonlar fazla bulunmuştur. Toplam PAH 1991  $\text{ng}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Üçüncü gün analizlerinde bulunan PAH konsantrasyonları sırasıyla; PHE, FLN, FL ve PY fazla bulunmuştur. Üçüncü günde elde edilen verilerde, her parçacık boyutu için toplam PAH konsantrasyonu birikimi 9,8  $\mu\text{m}$ 'den büyük olanlar, 9,8  $\mu\text{m}$ - 6 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar ve 0,93  $\mu\text{m}$  – 0,52 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar fazla bulunmuştur. Toplam PAH 2915  $\text{ng}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Dördüncü gün analizlerinde bulunan PAH konsantrasyonları sırasıyla; PHE, FLN, FL ve PY fazla bulunmuştur. Dördüncü günde elde edilen verilerde, her parçacık boyutu için toplam PAH konsantrasyonu birikimi her boyut aralığında fazla bulunmuştur. Toplam PAH 4002  $\text{ng}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır. Beşinci ve son gün analizlerinde bulunan PAH konsantrasyonları sırasıyla; PHE, FL ve PY fazla bulunmuştur. Beşinci günde elde edilen verilerde, her parçacık boyutu için toplam PAH konsantrasyonu birikimi 9,8  $\mu\text{m}$ 'den büyük olanlar, 9,8  $\mu\text{m}$ - 6 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar ve 3,5  $\mu\text{m}$  – 1,55 $\mu\text{m}$  aralığında olanlar fazla bulunmuştur. Toplam PAH 7199  $\text{ng}/\text{m}^3$  olarak hesaplanmıştır.



**Şekil 2.** Partikül ve gaz fazları için 5 gün boyunca elde edilen genel ortalama PAH konsantrasyonları.

**Tablo 2.** Her parçacık boyutu için toplam PAH konsantrasyonları.

	> 9.8 µm	9.8 µm	6 µm	3.5 µm	1.55 µm	0.93 µm	0.52 µm	< 0.52 µm	Toplam
<b>1. gün</b>	331.7	177.7	56.7	92.8	79.5	47.6	318.6	188.4	1293
<b>2. gün</b>	158.1	351.5	97.0	114.6	159.8	410.1	452.5	247.8	1991
<b>3. gün</b>	367.1	358.2	360.0	267.7	267.6	373.9	547.6	372.7	2915
<b>4. gün</b>	569.8	532.3	388.4	524.7	500.9	435.3	491.9	558.8	4002
<b>5. gün</b>	1426	1934	423.0	366.8	1645	496.3	459.7	449.2	7199
<b>Ortalama</b>	570.4	670.6	265.0	273.3	530.6	352.6	454.1	363.4	3480

Tablodan da görülebileceği gibi, muhtemelen öğle yemeğini kafede yiyen öğrenci sayısından dolayı, toplam PAH konsantrasyonlarının günden güne farklı olduğu bulunmuştur. Örnekleme bahar döneminin ilk günü başlanmış olup, örneklemenin ilk 3 günü birinci haftadır. Ancak yoğun kar yağışı nedeniyle üniversitede eğitime ara verilmesi nedeniyle örnekleme gerçekleştirilememiştir. Daha sonra diğer hafta için numune alma işlemi yeniden başlatılmıştır. Bunların hepsinin PAH konsantrasyonlarına yansıdığı sonucuna varılabilir. İlk hafta toplanan ilk 3 örneğin ortalaması  $2066 \text{ ng/m}^3$  iken, ikinci hafta için 2,7 kat daha yüksek ortalama toplam PAH konsantrasyonları bulundu ( $5601 \text{ ng/m}^3$ ).

Tablo 3'te de örnekleme için modifiye ederek doldurulan XAD reçinelerden elde edilen gaz fazında bulunan PAH konsantrasyon değerleri verilmiştir. Partikül fazdaki PAH konsantrasyonu gaz fazdaki konsantrasyona göre daha fazla bulunmuştur.

**Tablo 3.** Gaz fazındaki PAH konsantrasyonları

	1. gün	2. gün	3. gün	4. gün	5. gün	Ortalama
<b>NAP</b>						
<b>ACY</b>	273,0	45,7	126,7	366,2	304,4	223,2
<b>ACT</b>	197,1	8,9	35,1	99,5	67,6	81,6
<b>FLN</b>	327,3	29,3	136,6	356,1	156,9	201,3
<b>PHE</b>	2509,4	36,5	1100,4	2527,5	1098,8	1454,5
<b>ANT</b>	34,8	4,7	21,0	64,4	35,7	32,1
<b>FL</b>	486,1	13,5	142,9	384,2	148,0	235,0
<b>PY</b>	247,4	22,6	90,2	203,6	109,6	134,7
<b>BaA</b>	8,7	10,1	10,0	15,8	11,1	11,1
<b>CHR</b>	14,1	34,9	13,2	33,1	39,6	27,0
<b>BbF</b>	59,2	13,7	1,5	3,5	1,5	15,9
<b>BkF</b>	13,3	6,7	0,6	0,8	1,7	4,6
<b>BaP</b>	1,0	28,3	6,7	0,5	2,2	7,7
<b>IcdP</b>	9,4	7,2	0,5	1,2	1,4	3,9
<b>DahA</b>	6,6	2,6	2,5	1,6	2,5	3,1
<b>BghiP</b>	4,6	0,1	0,2	0,3	0,6	1,2
<b><math>\Sigma_{16}</math>PAH</b>	4191,9	264,9	1688,0	4058,3	1981,6	2436,9

Literatür incelendiğinde herhangi bir işleme veya pişirmeye tabi tutulmamış yemeye hazır etlerde bile Fenantren, Antrasen ve Floren gibi PAH türleri tespit edilmiştir (Cheng vd., 2021). Bir de yanma sonucu oluşan PAH etkili olduğunda konsantrasyonlar daha da yükselmektedir. Bu çalışmada Fenantren, Floranten ve Floren her bir gün en fazla konsantrasyonda bulunan PAH türleridir. Fenantren, Floranten ve Floren kömür katranında türetilen dolayısıyla fosil yakıtlarında bulunan bir PAH çeşitleridir. Bu durumda ızgara kömürünün yanması sonucu oluşmuş PAH konsantrasyonu tespit edilmiş olabilir.

## Kaynaklar

- Akal, D. (2013). İç Ortam Hava Kirliliği ve Çalışanlara Olumsuz Etkileri. ÇSGB Çalışma Dünyası Dergisi, 1,1.
- Alver, E., Demirci, A., Özçimder, M. (2012). Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar ve Sağlığa Etkileri. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 3 (1): 45-52.
- Bosetti, C., Boffetta, P., & La Vecchia, C. (2007). Occupational exposures to polycyclic aromatic hydrocarbons, and respiratory and urinary tract cancers: a quantitative review to 2005. *Annals of Oncology*, 18(3), 431-446.
- Cavallo, D., Ursini, C. L., Bavazzano, P., Cassinelli, C., Frattini, A., Perniconi, B., ... & Iavicoli, S. (2006). Sister chromatid exchange and oxidative DNA damage in paving workers exposed to PAHs. *Annals of Occupational Hygiene*, 50(3), 211-218.
- Chao, M. R., Wang, C. J., Wu, M. T., Pan, C. H., Kuo, C. Y., Yang, H. J., ... & Hu, C. W. (2008). Repeated measurements of urinary methylated/oxidative DNA lesions, acute toxicity, and mutagenicity in coke oven workers. *Cancer Epidemiology Biomarkers & Prevention*, 17(12), 3381-3389.
- Cheng, H., Deng, Z., Chakraborty, P., Liu, D., Zhang, R., Xu, Y., Luo, C., Zhang, G., Li, J. (2013). A comparison study of atmospheric polycyclic aromatic hydrocarbons in three Indiana cities using puf disk passive air samplers. *Atmospheric Environment*, 73, 16-21.
- Cheng, T., Chaousis, S., Kodagoda Gamage, S. M., Lam, A. K. Y., & Gopalan, V. (2021). Polycyclic aromatic hydrocarbons detected in processed meats cause genetic changes in colorectal cancers. *International journal of molecular sciences*, 22(20), 10959.
- Kurada, B. (2015). Ev İçi Ortamlarında Pah Kirlileti Düzeyinin Tespiti. Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Marczynski, B., Preuss, R., Mensing, T., Angerer, J., Seidel, A., el Mourabit, A., Wilhelm, M., & Brüning, T. (2005). Genotoxic risk assessment in white blood cells of occupationally exposed workers before and after alteration of the polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) profile in the production material: comparison with PAH air and urinary metabolite levels. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 78(2), 97-108.
- Onopiuk, A., Kołodziejczak, K., Szpicer, A., Wojtasik-Kalinowska, I., Wierzbicka, A., & Półtorak, A. (2021). Analysis of factors that influence the PAH profile and amount in meat products subjected to thermal processing. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 366-379.

- Özdemir, H., Borucu, G., Demir, G., Yiğit, S., Ak, N. (2010). İstanbul'daki Çocuk Oyun Parklarında Partikül Madde (PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub>) Kirliliğinin İncelenmesi. *Ekoloji* 20, 77, 72-79.
- Patel, A. B., Shaikh, S., Jain, K. R., Desai, C., & Madamwar, D. (2020). Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: Sources, Toxicity, and Remediation Approaches. *Frontiers in Microbiology*, 11.
- Šimko, P. (2002). Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked meat products and smoke flavouring food additives. *Journal of chromatography B*, 770(1-2), 3-18.
- Toprak, M., Gürsoy, G., Demiral, Y., Çımrın, A.,H., Sofuoğlu, S.C. (2013). Üniversite Laboratuvarlarında İç Hava Kalitesi ve Çalışanların Mesleki Risk Etmenleri. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2, 87 – 95.
- Vu, V., Lee, B., Kim, J., Lee,C., Kim, I. (2011). Assessment of carcinogenic risk due to inhalation of polycyclic aromatic hydrocarbons in PM<sub>10</sub> from an industrial city: A Korean case-study. *Journal of Hazardous Materials*, 189, 349–356.
- Uzun, B., Onat, B., Alver Şahin, Ü., Akın, Ö., Özkaya, F., Ayvaz, C. (2019). Kentsel Alanlarda Ulaşım Araçlarından Kaynaklanan İnce Partikül Madde Maruziyetinin Belirlenmesi. 14. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 17-20 Nisan, İzmir.

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Kömür Flotasyonu için Taguchi ve Box Behnken Optimizasyon  
Yöntemlerinin Öngörücü Model Performansının Karşılaştırılması

(Kiraz Eşmeli)

## Kömür Flotasyonu için Taguchi ve Box Behnken Optimizasyon Yöntemlerinin Öngörücü Model Performansının Karşılaştırılması

**Kiraz Eşmeli**

Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Konya,  
E-mail:kesmeli@ktun.edu.tr

---

**Özet:** Bu çalışma, kömür flotasyonu için karıştırma hızı, katı oranı, toplayıcı konsantrasyonu ve köpürtücü konsantrasyonu gibi etkili proses parametrelerini değerlendirmektedir. Üç seviyeli dört faktör için deney tasarımı, Taguchi ve Box–Behnken tasarım (BBD) yöntemleri kullanılarak elde edilmiştir. En yüksek yanabilir verimi elde etmek için optimize edilmiş koşullar, Taguchi L27 ve BBD yöntemlerinin ana etki grafikleri oluşturularak değerlendirilmiştir. Elde edilen optimum değerler düşük karıştırma hızı (1250 rpm), düşük katı oranı (10), yüksek toplayıcı konsantrasyonu (1 kg/ton) ve yüksek köpürtücü konsantrasyonu (0,5 kg/ton) olarak bulunmuştur. İşlem parametreleri arasındaki etkileşimi değerlendirmek için Taguchi L27 ve BBD yöntemlerinin etkileşim grafikleri kullanılmıştır. Etkileşim grafikleri ve ANOVA sonuçlarından, kömür flotasyonu için karıştırma hızının diğer parametrelere kıyasla en önemli parametre olduğu görülmüştür. Ayrıca, tahmin sonuçlarına göre Taguchi L27' nin regresyon katsayısının BBD yöntemine kıyasla daha yüksek olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar, linyit flotasyonu için Taguchi L27 tasarımının Box Behnken tasarımına göre en uygun optimizasyon yöntemi olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Flotasyon; Box-Behnken tasarımı; coal; Taguchi deney tasarımı

---

### Giriş

Linyit, dünyada büyük rezervlere sahip düşük kaliteli bir kömür türüdür. Kömür madenciliğinde devam eden madencilik yöntemleri, mekanize yöntemlerin kullanımı, ince düşük dereceli kömürün oranını artırmaktadır. İnce kömür oranının artması zenginleştirme işlemlerini zorlaştırmakta, bu da enerji kaybına ve çevre sorunlarına yol açmaktadır. İnce kömür zenginleştirmek için flotasyon, flokülasyon, yağ aglomerasyonu veya seçici flokülasyon teknikleri kullanılmaktadır (Warren 1975). Organik madde ve mineral madde arasındaki yüzey hidrofobikliğindeki farklılıklara dayanan köpük flotasyon tekniği, bu tür düşük dereceli kömür temizleme ve zenginleştirme için etkili bir zenginleştirme yöntemidir (Xing ve Ark., 2015, 2016, Gui ve Ark., 2016).

Flotasyonda birçok parametre birbiri ile ilişkilidir. Optimum deney şartlarının bulunması için çok sayıda test yapmak gerekmekte ve parametrelerinin birbirleri ile etkileşimini değerlendirmek mümkün olmamaktadır. Bu nedenle parametre sayısının

fazla olduğu proseslerde, parametrelerin birbiri ile etkilerini değerlendirmek için deney tasarımı ve istatistikî yöntemlere başvurulmaktadır (Erşan ve Açikel 2014). Deney tasarımı yöntemleri kullanılarak klasik yöntemlere kıyasla az sayıda tasarlanmış deney yaparak süreç başarısı ve parametrelerin ilişkisinin belirlenebilmesi sağlanmaktadır. Ayrıca, istatistiksel analizler ile değişkenler arasında etkileşimlerin doğru bir şekilde belirlenmesi prosesin daha iyi anlaşılmasını mümkün kılmaktadır (Gocin ve Smith 1987, Çilek 2003). Taguchi yöntemi, etkili süreç parametrelerinin değerlendiren ve optimize eden ortogonal dizi ile sağlanan bir tür kesirli faktöriyel tasarımıdır. Box-Behnken yöntem, ise, etkili süreç parametrelerini optimize eden ikinci dereceden matematiksel bir denklemle birleştirilmiş istatistiksel bir yöntemdir. Taguchi ve BBD yöntemleri, deneysel çalışmaların tasarımını ve optimizasyonunu elde etmek için en yaygın kullanılan istatistiksel yöntemlerdir. Cevher zenginleştirme işlemlerinde liç, flokülasyon, yağ aglomerasyonu ve özellikle de flotasyon olmak üzere bir çok proses de deney tasarım yöntemleri kullanılmaktadır (Sharma ve Ark., 2012, Pecina ve Ark., 2014, Chattopadhyay ve Ark., 2015, Kumar ve Venugopal 2017). Kalyani ve Ark. (2010) kömürün flotasyon performansını değerlendirmek için BBD modelini araştırdılar ve toplayıcı dozajının en önemli parametre olduğunu bulmuşlardır. Sahoo ve Ark. (2017) kömür flotasyonunda Cevap Yüzeyi Yöntemlerini (CYY) araştırmışlar, kömür verimi ve kül içeriğini etkileyen en önemli parametrenin köpürtücü konsantrasyonu olduğu sonucuna varmışlardır. Sachinraj ve Ark. (2022) kömürün kolon flotasyonu çalışmasında Taguchi yaklaşımını kullanmışlar ve ayırma verimi için uygun bir model olduğunu kaydetmişlerdir. Flotasyon çalışmalarında her iki tasarım yönteminin kullanıldığı birçok çalışma olmasına rağmen, bu iki deney tasarımını karşılaştıran çalışmalar yetersizdir. Bu nedenle, bu çalışmada optimizasyon yöntemi için Taguchi ve Box-Behnken deney tasarım yöntemleri karşılaştırılmıştır. Kullanılan bu tasarımlarda bağımsız değişkenler olarak belirlenen karıştırma hızı (A), katı oranı (B), toplayıcı konsantrasyonu (C) ve köpürtücü konsantrasyonu (D) bağımlı değişken olan yanabilir verimi üzerindeki etkisi incelenmiştir. Elde edilen matematiksel modeller ANOVA ile değerlendirilmiş, modellerin birbiri ile kıyaslanması ve doğruluğu tartışılmıştır. Ayrıca ana etki ve etkileşim grafikleri çizilerek elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

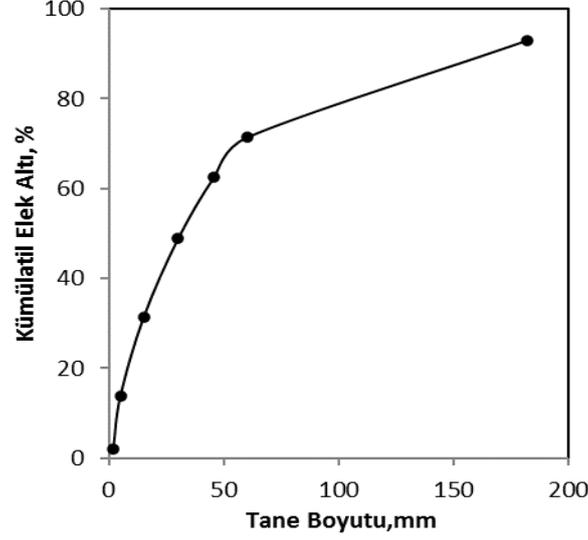
## **Malzeme ve Yöntem**

### **Malzeme**

Bu çalışma Konya'nın Ilgın ilçesinden temin edilen linyit numunesi ile gerçekleştirilmiştir. 100 kg kadar temsili numune flotasyon deneylerinde kullanılmak üzere konileme-dörtleme metodu ile azaltılmıştır. Bilyalı değirmende 1 saat sürede kuru öğütülmüş ve öğütülen numunenin tane boyut analizi bir lazer kırınım ölçer (Malvern Mastersizer, 2000) kullanılarak yapılmıştır. Öğütülmüş numunelerin tane boyutu dağılımı Şekil 1'de sunulmuştur. Toplayıcı olarak kullanılan gazyağı, yerel petrol bürosundan tedarik edildi ve yoğunluğu  $0.8 \text{ g/cm}^3$  olarak bulundu. Köpürtücü olarak çam yağı kullanılmıştır. Nem analizi, ASTM D 3173-03 Standart Test Metoduna göre yapılmıştır. Kül analizi, ASTM D 3174-04 Standart Test Metoduna göre gerçekleştirilmiştir. Kalorifik Değeri Tayini Leco AC-350 marka cihaz ile kuru numune yüksek basınç altında saf oksijen ile yakılarak kalori değerinin  $14.1 \text{ Mj/kg}$  olduğu tespit edilmiştir (ASTM D 5865-10a.). Linyit numunesinin analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1.** Kömür numunesinin kuru bazda özellikleri

Kül (%)	Nem (%)	Sabit Karbon (%)	Kalorifik Değer (MJ/kg)
23.02	24.5	16.9	14.1

**Şekil 1.** Öğütülmüş numunenin tane boyut dağılımı

## Yöntem

Flotasyon testleri Denver flotasyon makinesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk olarak, kömür numunesi 3 dakika karıştırılmış ve daha sonra toplayıcı ilave edilerek karışım 5 dakika daha karıştırılmıştır. Son olarak köpürtücü ilave edilmiş ve karışım tekrar 30 saniye daha karıştırılmıştır. Hava valfi açıldıktan sonra 2 dakika konsantre toplanmıştır. Flotasyon ürünleri filtrelendikten, kurutulduktan ve tartıldıktan sonra kül analizi için porselen bir potaya yerleştirilmiş ve kül fırınında yakılmıştır. Daha sonra yanabilir verim aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır,

$$\text{Yanabilir Verim, \%} = 100x \frac{A(100-A_{Kül})}{B(100-B_{Kül})} \quad (1)$$

Burada, A= Temiz kömür yüzdesi,  $A_{Kül}$  = temiz kömür kül içeriği, B= besleme yüzdesi, ve  $B_{Kül}$  = besleme kül içeriği

## Optimizasyon Metodu

Deney tasarımı için dört parametre ve üç seviye seçilmiştir. Tablo 2' de işlem parametrelerinin aralıkları ve seviyeleri gösterilmiştir. Tablo 3 ve 4, Taguchi L27 ve Box-Behnken Tasarımı (BBD) yöntemi için elde edilen tasarımın deneysel sonuçlarını sunmaktadır.

**Tablo 2.** Box-Behnken ve Taguchi L27 tasarım yöntemlerinde kullanılan deneysel faktörlerin aralıkları ve seviyeleri

Değişkenler Box Behnken Taguchi L27	Sembol	Seviyeleri ve Aralıkları		
		-1 1	0 2	1 3
Karıştırma Hızı (rpm)	A	1250	1350	1500
Katı Oranı (%)	B	10	15	20
Toplayıcı Konsantrasyonu (kg/ton)	C	0,4	0,8	1
Köpürtücü Konsantrasyonu (kg/ton)	D	0,2	0,3	0,5

**Taguchi yöntemi ile deney tasarımı**

Taguchi deney tasarımı, etkili parametrelerin değerlendirilmesi için ortogonal dizi kullanılarak geliştirilmiş bir yöntemdir. Ortogonal dizinler, bir sayı matrisi olarak ifade edilmekte olup her sütun, seçilen faktörlerin seviyelerini gösterirken her satır ise dikkate alınan faktörleri ifade etmektedir. Taguchi L27 yöntemi, deneysel ve tahmin edilen sonuçlar arasındaki standart sapmadan elde edilen hata fonksiyonunu sinyal-gürültü (S/N) oranına dönüştürmekte ve hedeflenen değerin ‘en küçük/en iyi’ veya ‘en büyük/en iyi’ olmasına göre iki farklı S/G formülü kullanılmaktadır. Bu çalışmada hedeflenen en yüksek *yanabilir verim* değeri için en yüksek en iyi durumunu veren S/G oranı, denklem 2’de verilmiştir.

$$S/N = -10 * \log_{10}(\sum(1/Y^2) / n) \quad (2)$$

burada Y, her deneme için elde edilen tahmin sonuçlarını ve n, deney tasarımı için elde edilen tahmin sonuçlarının sayısını göstermektedir.

**Tablo 3.** Taguchi L27 tasarımı için elde edilen deneysel sonuçlar

A	B	C	D	Yanabilir Verim (Gözlemlenen), %
1	1	1	1	67.96
1	1	1	1	66.92
1	1	1	1	67.03
1	2	2	2	69.7
1	2	2	2	68.72
1	2	2	2	69.03
1	3	3	3	70.73
1	3	3	3	71.23
1	3	3	3	70.52
2	1	2	3	62.94
2	1	2	3	61.98

2	1	2	3	62.03
2	2	3	1	60.64
2	2	3	1	61.53
2	2	3	1	60.05
2	3	1	2	65.34
2	3	1	2	65.41
2	3	1	2	66.23
3	1	3	2	61.61
3	1	3	2	61.20
3	1	3	2	61.58
3	2	1	3	66.92
3	2	1	3	65.21
3	2	1	3	67.89
3	3	2	1	61.2
3	3	2	1	60.89
3	3	2	1	61.58

### Box -Behnken (BBD) ile deney tasarımı

BBD modeli, girdi ve çıktı parametreleri arasındaki ikinci dereceden denklem ile sağlanmaktadır (Lokesh ve Ark., 2021). Deneyin tasarımı, parametrelerin seviyelerinin yüksek, orta ve düşük olarak ayırt edilmesiyle geliştirilmiştir (Baş 2010). Bu tasarıma göre 3 adedi orta noktada olmak üzere her bir flotasyon kademesi için toplam 27 deneysel çalışma yapılmıştır. Genel olarak yanıt değerleri doğrusal ve ikinci dereceden modeller tarafından seçilen faktörlere bağlı olarak hesaplanır. Bağımlı değişken olan yanabilir verimi açıklamak için kullanılan ikinci derece polinom eşitliği denklem' 3 de verilmektedir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2 + \beta_{44} X_4^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{14} X_1 X_4 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{24} X_2 X_4 + \beta_{34} X_3 X_4 + \epsilon \quad (3)$$

Bu eşitlikte  $x_1, x_2, \dots, x_n$  bağımsız değişkenleri,  $y$  bağımlı değişkeni,  $\beta_0, \beta_i, \beta_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ),  $\beta_{ij}$  ( $i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n$ ) bilinmeyen model parametrelerini ve  $\epsilon$  rastgele hata terimini göstermektedir.

**Tablo 4.** Box–Behnken Design (BBD) yöntemi ile elde edilen deneysel sonuçlar

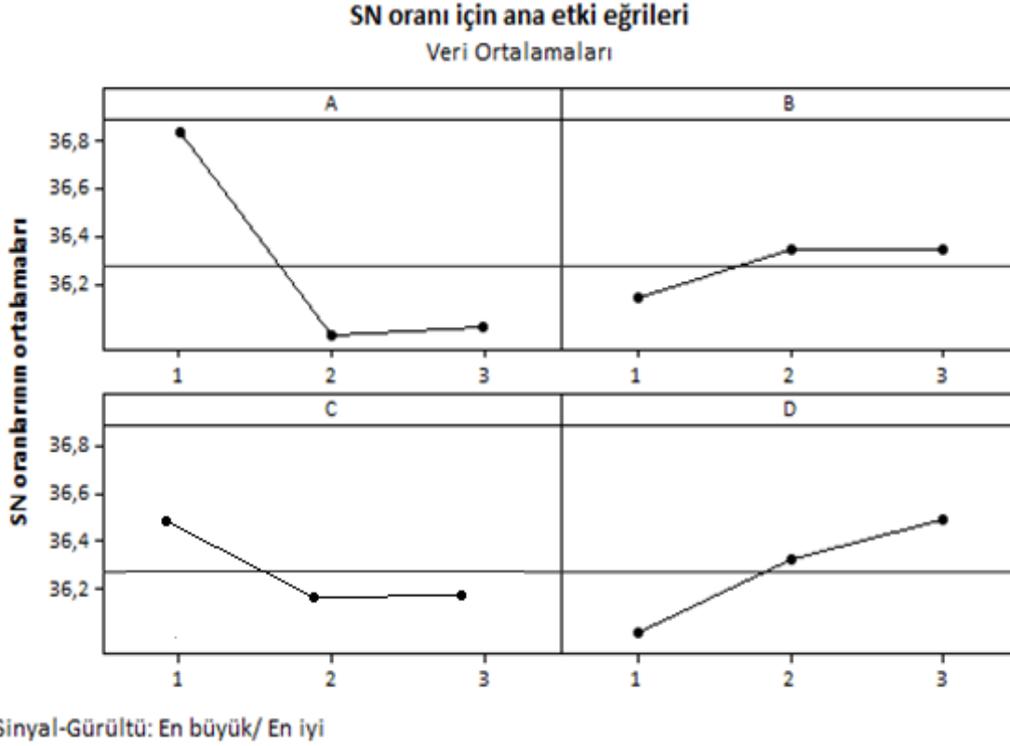
A	B	C	D	YV (Gözlemlenen), %
-1	-1	0	0	71.37
1	-1	0	0	63.64
-1	1	0	0	59.21
1	1	0	0	59.25
0	0	-1	-1	64.82
0	0	1	-1	60.61
0	0	-1	1	65.84
0	0	1	1	60.89
-1	0	0	-1	69.32
1	0	0	-1	56.28
-1	0	0	1	63.15
1	0	0	1	58.77

0	-1	-1	0	71.17
0	1	-1	0	55.34
0	-1	1	0	72.5
0	1	1	0	57.65
-1	0	-1	0	64.18
1	0	-1	0	54.19
-1	0	1	0	57.49
1	0	1	0	64.45
0	-1	0	-1	70.82
0	1	0	-1	64.51
0	-1	0	1	56.94
0	1	0	1	55.04
0	0	0	0	70.98
0	0	0	0	68.98
0	0	0	0	67.53

### Bulgular ve Tartışma

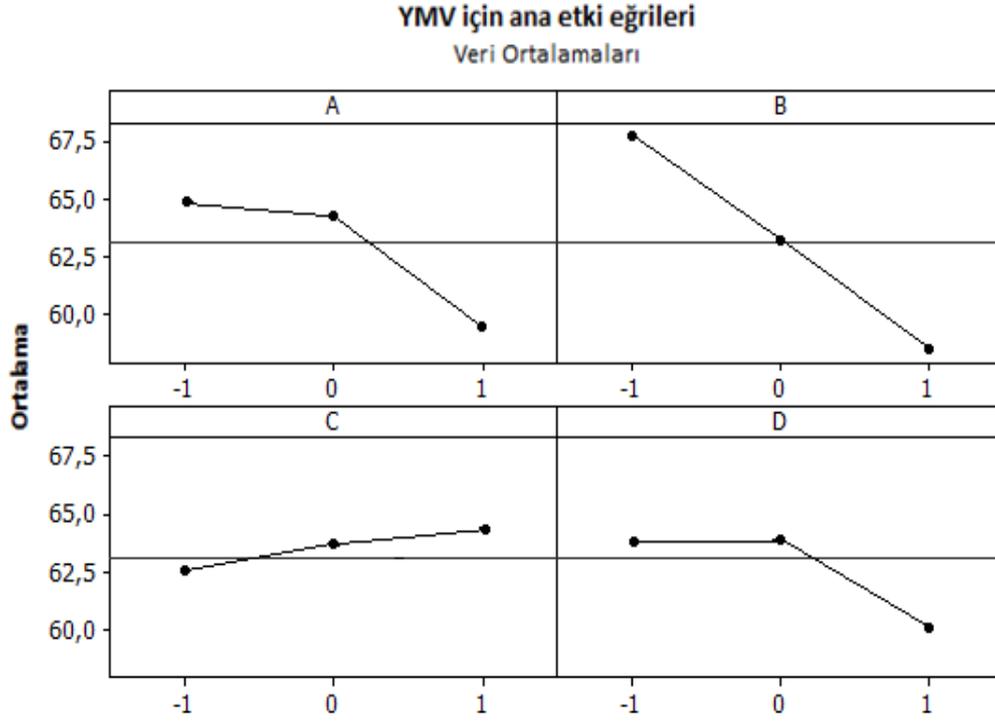
Şekil 2, Taguchi L27 yöntemi kullanılarak S/N oranı için elde edilen ana etki grafiğini göstermektedir. Karıştırma hızının kömür flotasyon performansı üzerindeki etkisi Şekil 2A 'da verilmiştir. Optimum mekanik karıştırma hızı 1250 rpm olarak belirlenmiştir, çünkü en yüksek S/N oranı bu hızda elde edilmiştir. Yüksek karıştırma hızlarında yanabilir verimdeki azalma köpüğün zarar görmesine bağlanabilir, bu da parçacıkların köpükten ayrılmasına neden olmaktadır. Katı oranının yanabilir verim üzerindeki etkisi, %10, %15 ve %20'lik oranlar kullanılarak araştırılmış ve katı oranı orta seviyede en yüksek S/N oranı elde edilmiştir. Literatürde, flotasyon veriminin katı oranına etkisini araştıran birçok çalışma mevcuttur (Sarrafı ve Ark., 2004, Mowla ve Ark., 2008, Luo ve Ark., 2016, ). Bu çalışmalarda katı madde konsantrasyonunun artmasıyla verimin azaldığı kaydedilmiştir. Toplayıcı konsantrasyonunun yanabilir verim üzerindeki etkisi, 0,4, 0,8 ve 1 kg /ton toplayıcı konsantrasyonları için araştırılmıştır. Toplayıcı dozajındaki artışla birlikte yanabilir verim için S/N oranı azalmıştır. (Şekil 2C). Yüksek toplayıcı konsantrasyonunda verimin azalması seçiciliğin azalmasına bağlanabilir. Köpürtücü konsantrasyonunun yanabilir verim üzerindeki etkisi çam yağının 0,2, 0,3 ve 0,5 kg / ton konsantrasyonları için araştırılmıştır. Köpürtücü dozajındaki artışla birlikte yanabilir verim için S/N oranı da artmıştır ve bu artış su / gaz arayüzünün tercihli olarak daha fazla toplanmasına bağlanabilir. Leja-Schulman'ın teorisine (1982) göre, köpürtücü miktarının artması yüzey gerilimini azaltmakta, dolayısıyla hidrofobik partikülleri toplayabilen ve yanabilir verimde bir artışa yol açabilen güçlü kabarcıkları oluşturabilmektedir. Ayrıca, köpürtücü miktarının artması kabarcık boyutunun azalması ve kabarcığa özgü yüzey alanının ve taşıma kapasitesinin artması nedeniyle flotasyon verimini artırmaktadır (Reay ve Ratcliff 1973, Çilek 2003). Bunlara ek olarak, kabarcık boyutunun azalması ile pülür içerisinde daha ince ve ultra ince parçacıklar oluşmakta, böylece daha yüksek kabarcık yüklemesine neden olmakta ve bu da kabarcık yüzeyinin hidrofobik parçacıklarla daha yoğun kaplanması kabarcıkların birleşmesini ve patlamasını engellediğinden köpük stabilitesini artırmaktadır (Barbian ve Ark., 2007). Köpük bölgesinin genel flotasyon

verimi üzerindeki önemi birçok çalışmada belirtilmiştir (Yianatos ve Ark., 2008, Franzidis ve Harris 2013, Rahman ve Ark., 2013). Sonuç olarak, ana etki grafiğinden yanabilir verim için optimize edilmiş değerlerin, düşük karıştırma hızı (1250 rpm), orta katı oranı (%15), düşük toplayıcı konsantrasyonu (0,4 g/ton) ve yüksek köpürtücü konsantrasyonu (0,5 kg/ton) olduğu bulunmuştur.



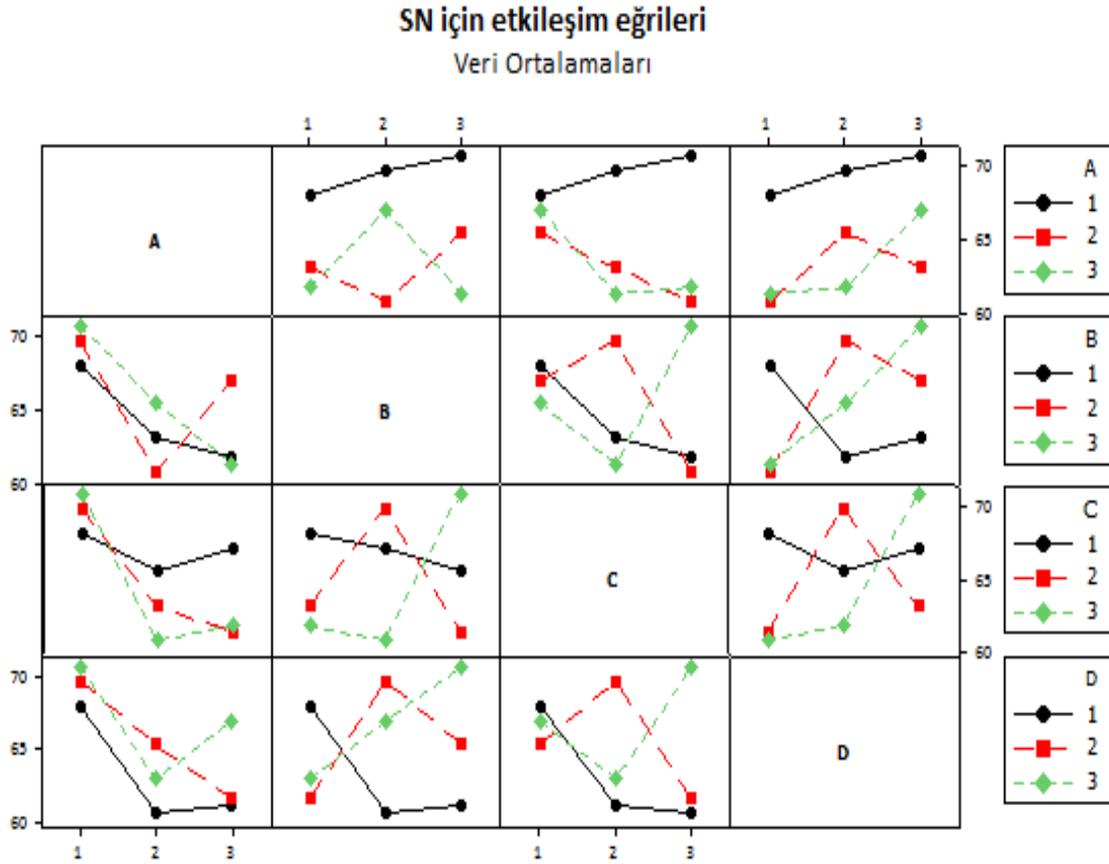
**Şekil 2.** Taguchi L27 yöntemine göre S / N oranı için elde edilen ana etki grafikleri.

Şekil 3, BBD yöntemi kullanılarak linyit flotasyonu için elde edilen ana etki grafiğini göstermektedir. Ana etki grafiğinden yanabilir verim için optimize edilmiş değerlerin, düşük karıştırma hızı (1250 rpm), düşük katı oranı (%10), yüksek toplayıcı konsantrasyonu (1kg/ton) ve orta köpürtücü konsantrasyonu (0,5 kg/ton) olduğu bulunmuştur.



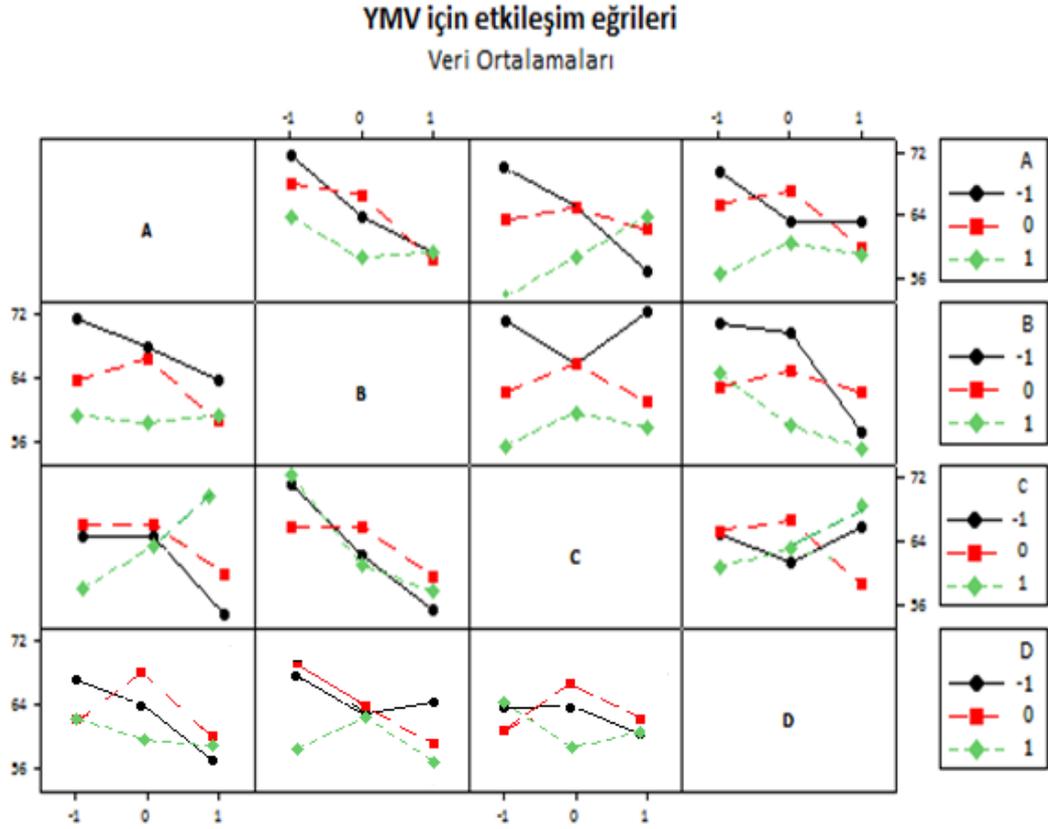
**Şekil 3.** BBD yöntemine göre yanabilir verim için elde edilen ana etki grafikleri.

Şekil 4, Taguchi'nin L27 yöntemine göre S/N oranı için elde edilen etkileşim grafiğini göstermektedir. Şekil 4'den, düşük karıştırma hızının (1250 rpm) katı oranı, toplayıcı ve köpürtücü konsantrasyonu ile etkileşimde daha yüksek bir S / N oranı ile sonuçlandığı görülmektedir. Öte yandan, orta katı oranı (%15) karıştırma hızı, toplayıcı ve köpürtücü konsantrasyonu ile etkileşimde daha yüksek bir S/N oranı vermiştir. Ayrıca, yüksek toplayıcı konsantrasyonu karıştırma hızı, katı oranı ve köpürtücü konsantrasyonu ile etkileşimde daha yüksek bir S/N oranı vermiştir. Benzer şekilde, yüksek köpürtücü konsantrasyonu da karıştırma hızı, katı oranı ve toplayıcı konsantrasyonu ile etkileşimde daha yüksek bir S/N oranı değeri verdiği görülmektedir.



Şekil 4. Taguchi L27 yöntemine göre S / N oranı için elde edilen etkileşim grafiği

Şekil 5, BBD yöntemine göre yanabilir verim için elde edilen etkileşim grafiğini göstermektedir. Şekil 5 'den düşük karıştırma hızının katı oranı, toplayıcı ve köpürtücü konsantrasyonu ile etkileşimde daha yüksek yanabilir verim ile sonuçlandığı açıkça görülmektedir. Benzer şekilde, düşük katı oranı, diğer parametreler ile etkileşimde daha yüksek 1 verim değeri sağlamıştır. Ayrıca, yüksek toplayıcı konsantrasyonunun karıştırma hızı, katı oranı ve köpürtücü konsantrasyonu ile etkileşimde daha yüksek yanabilir verim değeri vermiştir. Benzer şekilde, yüksek köpürtücü konsantrasyonu da karıştırma hızı, katı oranı ve toplayıcı konsantrasyonu ile etkileşimde daha yüksek verim değeri göstermiştir.



Şekil 5. BBD yöntemine göre yanabilir verim için elde edilen etkileşim grafiği.

### Regresyon Sonuçları

Varyans Analizi (ANOVA), her parametrenin genel tahmin sonuçlarına tahmini katkısını ölçmektedir. Taguchi L27 ve BBD yöntemlerinin ANOVA sonuçları, etkili süreç parametrelerinin önemini ve etkilerini araştırmaktadır. Modeldeki değişim miktarı ölçümünün düzeltilmiş terimler ile ifadesini sağlayan değer ayarlamalı  $R^2$ 'dir (Sripriya ve Rao 2003). Bu değer 1'e yakın olması modellerin başarısını göstermektedir (Erşan ve Açıklık 2014). Elde edilen sonuçların anlamlı olabilmesi için modelde F- değerinin yüksek olması ve P ile ifade edilen olasılık değerinin 0,05'ten (%95 güven düzeyi) küçük olması gerekmektedir. Olasılık değerinin 0,1' den büyük olduğu durumlarda model cevap değişkenleri için anlamsız olmaktadır (Erşan ve Açıklık 2014). Tablo 5, Taguchi L27 ve BBD yöntemlerine göre yapılan deney tasarımının tahmin sonuçlarını sunmaktadır. Taguchi L27 yöntemine göre yanabilir verim için bütün parametreler önemli model terimleri iken BBD yöntemi için ise karıştırma hızı ve katı oranı parametrelerinin önemli terimler olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, Taguchi L27 tasarım yöntemi için karıştırma hızı parametresinin BBD tasarım yöntemi için ise katı oranının diğer parametrelere kıyasla en önemli parametre olduğu tespit edilmiştir.



düşük toplayıcı ve yüksek köpürtücü konsantrasyonu olarak bulunmuştur. Taguchi L27 ve BBD yöntemlerinin ANOVA tahmin sonuçları etkili proses parametrelerini değerlendirmek için kullanılmıştır. Tahmin sonuçlarına göre % 97'lik yüksek regresyon katsayısı nedeniyle Taguchi L27 yönteminin daha uygun olduğu görülmüştür. Sonuçlar, Box Behnken yönteminin optimizasyon için de uygulanabileceğini, ancak Taguchi L27 yöntemine kıyasla deneysel çalışma sayısının azaltılabileceği, böylece zaman ve pahalı yöntemin maliyetinin düşürebileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- ASTM D 3173–03 (2010). Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke, 3.
- ASTM D 3174–04 (2010). Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke from Coal, 5.
- ASTM D 5865–10a (2010). Standard Test Method for Gross Calorific Value of Coal and Coke, 14.
- Barbian, N., Cilliers, J.J., Morar, S.H., Bradshaw, D.J. (2007). Froth imaging, air recovery and bubble loading to describe flotation bank performance. *International Journal Mineral Processing* 84, 81–88
- Baş, C. (2010). Cevap Yüzeyi Tasarımları Ve Sinir Ağları Yaklaşımı. Doktora Tezi , Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 140
- Çilek E.C. (2013). Mineral Flotasyonu. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, 59, 165
- Erşan, M., Açikel, Ü.R. (2014). Delemar'ın asit fosfataz üretimi ve Zn(Iı) biyobirikiminin cevap yüzey yöntemi kullanarak optimize edilmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29, 321-329.
- Franzidis, J.P., Harris, M.C. (2013). Froth recovery factor – what is it and why is it so difficult to measure? *Canadian Metallurgical Quarterly*, 49, 337–344
- Gocin, R.J., Smith, M.R. (1987). The methodology of froth flotation testworks. *Mineral processing design, Nato ASI series, Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht*, 166-201.
- Gui, X., Xing, Y., Rong, G., Cao, Y., Liu, J. (2016). Interaction forces between coal and kaolinite particles measured by atomic force microscopy. *Powder Technology* 301, 349–55.
- Leja, J. (1982). *Surface Chemistry of Froth Flotation*, Plenum Press, New York .

- Lokesh, K. S. B., Kumar Shanmugam, D., Shrinivasa Mayya, B. P., Panduranga, N., Kumar, J. R., Hanumanthappa, H. (2021). Experimentation and prediction analysis on the mechanical performance of fish scale and coconut shell powder-based composites. *Journal of Natural Fibers*. doi:10.1080/15440478.2021.1958410.
- Luo, X., Feng, B., Wong, C., Miao, J., Ma, B., Zhou, H. (2016). The critical importance of pulp concentration on the flotation of galena from a low grade lead–zinc ore. *Journal of Materials Research and Technology* 5, 131–135
- Mowla, D., Karimi, G., Ostadnezhad, K. (2008). Removal of hematite from silica sand ore by reverse flotation technique. *Separation Purification Technology* 58, 419–423
- Rahman, R., Ata, S., Jameson, G.J. (2013). Froth recovery measurements in an industrial flotation cell. *Minerals Engineering* 53, 193–202
- Reay, D., Ratcliff, G.A. (1973). Removal of fine particles from water by dispersed air flotation effects of bubble size and particle size on collection efficiency. *Can J Chem Eng* 51, 178–185
- Sarraf, A., Rahmati, B., Hassani, H.R., Shirazi, H.H.A. (2004). Recovery of copper from reverberator furnace slag by flotation. *Minerals Engineering* 17, 457–459
- Sripriya, R., Rao, P.T.V., Choudhury, B.R. (2003). Optimization of operating variables of fine coal flotation using a combination of modified flotation parameters and statistical techniques. *International Journal Mineral Processing* 68, 109–127.
- Warren, L.J. (1975). Shear flocculation of ultrafine scheelite in sodium oleate solutions. *Journal Colloid Interface Science* 50, 307–318.
- Xing, Y., Gui, X., Cao, Y. (2016). Effect of calcium ion on coal flotation in the presence of kaolinite clay. *Energy Fuels* 30, 1517–23.
- Xing, Y., Gui, X., Liu, J., Cao, Y., Lu, Y. (2015). Effects of energy input on the laboratory column flotation of fine coal. *Separation Science Technology* 50, 2559–67.
- Yianatos, J.B., Moys, M.H., Contreras, F., Villanueva, A. (2008). Froth recovery of industrial flotation cells. *Minerals Engineering* 21, 817–825.



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Automatic Gearbox Shifter Types, Qualifications and Safety  
Features

(Melih Cebe)

# Automatic Gearbox Shifter Types, Qualifications and Safety Features

**Melih Cebe**

ARGE Merkezi

TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş.,

Bursa, Türkiye

E-mail: melih.cebe@tofas.com.tr

---

## ABSTRACT

“Automatic Shifter” means gear selector mechanism for automatic gearboxes. We are going to describe gearbox-shifter compatibility and potential safety risks and how to eliminate them with this study. Moreover, we are going to describe how to validate vehicle safety in Park in and out state changes with some user case study.

---

## 1. Introduction

77% of vehicles sold in 2021 are equipped with automatic transmissions. Cars with automatic transmissions are a very positive factor in driver and passenger comfort. Drivers of vehicles with automatic transmissions do not make manual inputs for the selection of the appropriate proportional gear according to the road and operating conditions. As a result of the combination of the engine control module (ECM), transmission control module (TCM) and other related units on the vehicle, it selects the appropriate ratio according to the conditions of the vehicle and changes this ratio according to the appropriate conditions. The driver is responsible for selecting one of the vehicle's Drive(D), Reverse(R), Neutral(N) and Parking(P) gear positions. This choice is made with the shifter, which is the main subject of the study. According to the vehicle power package, these Automatic transmission shifters can be classified into 3 different types.

### 1.1. Shifters by Transmission Types

#### 1.1.1. Automatic Transmission (AT) Shifter

AT shifters are used in automatic transmissions that do not have a gear-picking robotic structure on the transmission.

Generally, this type of transmission is seen in torque converter and CVT (Continuously variable ratio automatic transmission) types.

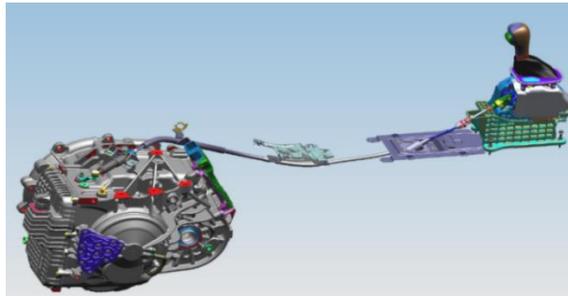


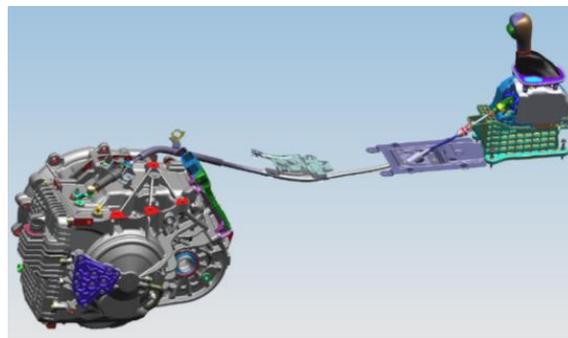
Fig.1. Automatic Transmission (AT) Shifter and Transmission Interface

These types of shifter the demands for Drive, Reverse, Neutral and Parking gears physically generated by the driver to the gear selector lever on the transmission by means of a rope. It also forwards existing gear information and gear requests via the CAN line to the transmission and other relevant modules.

### 1.1.2. Hybrid Shifter

Hybrid shifters are used in automatic transmissions, which have a gear-chooser robotic structure on the gearbox, but cannot robotically manage the parking mechanism for the parking gear.

Generally, these types of transmissions have a double clutch.



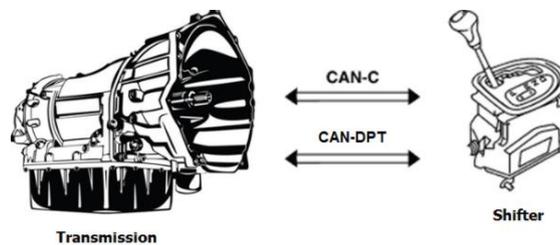
*Fig.2. Hybrid Shifter and Transmission*

These types of shifter send the Driving(D), Reverse(R), Neutral(N) gear physically generated by the driver via CAN, while the demand for P (Parking) gear is transmitted via a rope to the gear selector lever on the transmission.

### 1.1.3. Electronic Shifter (E-Shifter)

E-shifters are used in automatic transmissions, which have a gear selector robotic structure on the transmission and can robotically manage the parking mechanism for the parking gear.

Mild Hybrid Electric (MHEV), Hybrid Electric (HEV), Plug-In Hybrid Electric (PHEV), Battery Electric (BEV) vehicles are very convenient to use with the electronic shifter.



*Fig.3. E-Shifter Lever and Transmission Interface*

These types of shifter sends all Drive(D), Reversing (R), Neutral(N) gear selections physically generated by the driver via CAN bus.

## 1.2. Shifters by Design Types

### 1.2.1. Button Shifter

A button shifter, also known as a push-button shifter, is a type of gear selector that uses buttons or switches, instead of a traditional lever or knob, to change gears. It is typically used in vehicles with automatic transmissions and is often located on the center console, near the infotainment system or the armrest.

One of the main advantages of a button shifter is its compact size, which frees up space in the vehicle's interior. This can be particularly beneficial in vehicles with limited space, such as compact cars or sports cars. Additionally, the button shifter can be designed to be more intuitive and user-friendly than traditional shifters, making it easier to operate. Some designs also incorporate a digital display that provides the driver with the current gear selection. Another advantage of a button shifter is that it allows for a more customizable and modern look, as buttons can be designed with various colors, materials, and even personalized logos. This allows manufacturers to differentiate their vehicles and add a touch of luxury to the interior. On the other hand, button shifters also have some disadvantages. One of them is that it can be confusing for some drivers and passengers, especially for those who are not used to this type of shifter. It can also be difficult to quickly identify the current gear selection, which can be important in emergency situations.



*Fig.4. Button Shifter of Alfa Romeo 4C*

### 1.2.2. Stalk-Column Shifter

A stalk shifter, also known as a column shifter, is a type of gear selector that is mounted on the steering column of a vehicle, typically near the steering wheel. It is commonly used in vehicles with automatic transmissions and allows the driver to change gears without having to move their hand from the steering wheel.

The stalk shifter typically consists of two or more stalks, or levers, that control the gear selection. The driver can use the stalks to shift between park, reverse, neutral, and drive. Some stalk shifters also include a button or switch for manual shifting or sport mode.

One of the main advantages of a stalk shifter is that it allows the driver to change gears without having to take their hand off the steering wheel, which can improve safety and reduce driver distraction. Additionally, the stalk shifter can be designed to be more intuitive and user-friendly than traditional shifters, making it easier to operate. Another advantage of stalk shifters is that they are typically more compact than floor-mounted shifters, which can free up space in

the vehicle's interior. This can be particularly beneficial in vehicles with limited space, such as compact cars or sports cars. On the other hand, stalk shifters have also some disadvantages. One of them is that it can be confusing for some drivers and passengers, especially for those who are not used to this type of shifter. Furthermore, stalk shifters may require more advanced and expensive electronic systems, which can increase the cost of the vehicle. Additionally, it may also not be as aesthetically pleasing as other types of shifters.



*Fig.5. Stalk shifter of Mercedes E-Class*

### **1.2.3. Rotary Shifter**

A rotary shifter is a type of gear selector used in vehicles with automatic transmissions. Instead of a traditional lever or button that moves up and down or side to side, a rotary shifter uses a rotating dial or knob to change gears. The rotary shifter is typically located on the center console of the vehicle, near the armrest or the infotainment system.

One of the main advantages of a rotary shifter is its compact size, which frees up space in the vehicle's interior. This can be particularly beneficial in vehicles with limited space, such as compact cars or sports cars. Additionally, the rotary shifter can be designed to be more intuitive and user-friendly than traditional shifters, making it easier to operate. Some designs also incorporate a digital display that provides the driver with the current gear selection. Another advantage of rotary shifters is the customization possibilities. Rotary shifters can be designed with various colors and materials, and even with a personalized logo. This allows manufacturers to differentiate their vehicles and add a touch of luxury to the interior. On the other hand, rotary shifters have also some disadvantages. One of them is that it can be confusing for some drivers and passengers, especially for those who are not used to this type of shifter. It can also be difficult to quickly identify the current gear selection, which can be important in emergency situations.



*Fig.6. Rotary Shifter of Dodge Ram*

#### 1.2.4. Joystick Shifter

A joystick shifter is a type of gear selector typically found in vehicles with automatic transmissions. It is a small lever or stick that is used to shift the gears of the transmission, rather than using a traditional gear selector lever or buttons.

In order to use a joystick shifter, the driver simply moves the lever or stick in the desired direction to shift gears. For example, pushing the joystick forward may shift the transmission into a higher gear, while pulling it backwards may shift into a lower gear. Some joystick shifters may also include buttons or other controls for additional functions, such as a manual shifting mode or a sport mode. One of the benefits of using a joystick shifter is that it can make the driving experience more engaging and sporty. It allows for more precise gear changes, which can be especially useful for drivers who enjoy sporty or performance driving. Additionally, it allows for a more modern, high-tech look and feel in the vehicle's interior.

Overall, the joystick shifter is a modern and innovative gear selector option that can add a sporty feel to the driving experience.



*Fig.7. Joystick Shifter of Peugeot 3008*

## 2. Shifter Safety System

Shifters used in vehicles must guarantee the safety of the vehicle, the road and the entire environment in which it interacts.

For this purpose, shifters have locks at the exit from position P and at the entrance to position R.

The following table lists the deadlock states between relays.

		Final lever position					
		P	R	N	D	Tip	+ , -
Initial position lever	P		Locked: button pression requested + brake pedal pressed				
	R	Locked: button pression requested		Free			
	N		Locked: button pression requested + brake pedal pressed		Locked: brake pedal pressed		
	D			Free		Free	
	Tip				Free		Free
	+ , -					Free	

Fig.8. Shifter Deadlock States Table

As can be seen in the table, in some cases it is enough to press the button on the gear lever, in other cases it is expected to press the brake pedal. For example, when D position to N position, we don't need to press button or brake pedal but if we want to P position to R position, we have to press button and brake pedal for change gear position.

### 2.1. Parking Lock

The parking lock is a system used in automatic transmissions to lock the vehicle and it is used in parallel with the parking brake.

The locking is realized by means of a hook that engages a toothed gear on the differential.

In dual clutch gearbox generally the bowden cable it's used just for this purpose, because the engagement of the P position requires much more effort with respect to the other positions. An actuation unit is used for the management of those positions, physically mounted on the gearbox.

The engagement and disengagement are actions that depend upon the vehicle conditions: mass on board, road pence and vehicle mass. The disengagement load generally is the highest one, especially in high road slope conditions. (the load is extremely high in the first millimeters of motion, because the system it's in a traction condition and needs to win a great amount of friction force due to the mass and road slope and, subsequently, decreases quite rapidly.)

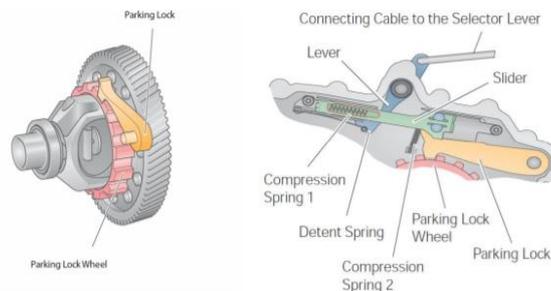


Fig.9. Shifter Parking Lock Wheel

### **3. Park Lock Tests in Product Development Processes**

Shifters used in vehicles must meet certain of standart requirements such as durability, performance and safety.

For this purpose, many tests are carried out on the gear shift system. Some of these test and contest are given below.

#### **3.1. Enviromental Tests**

During the development phase, the part have to successfully pass environmental tests. Some of these tests are given below and briefly explained.

##### **3.1.1. Power Thermal Cycle Endurance**

Electrical or Electronic (E/E) PC Card components are manufactured from materials with different coefficients of thermal expansion and operate in environments where temperatures are uneven. During normal vehicle operation, temperatures change dynamically, causing mechanical stresses on adjacent materials.

This test simulates solder joint failures common in electrical or electronic components, identifies the fatigue life of materials under shear strain caused by thermal expansion and shrinkage.

##### **3.1.2. High Tempeature Operating Endurance**

Electronic components are subject to variable temperature conditions caused by internally generated heat, packaging location and local ambient temperatures.

This test simulates failure modes and cumulative damage caused by biased operation at different temperatures, such as solder plastic creep, crack propagation in many materials, drying of electrolytic capacitors and others. If we test the component according to the actual temperature profiles and bias voltage experienced during the service/design life of the car, the total test time will be very extreme. Therefore, accelerated tests at a higher constant temperature with voltage are used to create an equivalent damage.

##### **3.1.3. Low Tempeature Operating Endurance**

This test simulates the stresses on a component during low temperature operation experienced during the initial few minutes following a vehicle start in cold weather and before internal or external heating raises the component temperature.

The low temperature failures in the component could include cracking of PCB, ceramic substrates, packaging material or covers; freezing of capacitors with liquid electrolyte; material property changes that affect subcomponent performance; and others.

##### **3.1.4. Vibration Classification**

During normal operation the shifter undergoes Vibration stresses that depend on the point where it is installed on the vehicle. There are different vibration classes for each component depending on the packaging location.

The purpose of this test is to check the suitability of the system by creating the necessary conditions for shifter.

### **3.1.5. Chemical Resistance**

This category includes tests to demonstrate component resistance to corrosive effects of gaseous pollutants and accidental fluid spills.

#### **3.1.5.1. Mixed Flowing Gas**

This is an accelerated test to simulate the effects of atmospheric pollutants, corrosive gases on electronics. To accelerate the test, the gases are much more concentrated than seen in field conditions.

#### **3.1.5.1. Chemical Exposure**

The fluids selected for the test shall be fluids that the component may encounter during the vehicle service life.

### **3.2. EMC Tests**

During the development phase, the part have to successfully pass Electromagnetic Compatibility tests. Some of these tests are given below and briefly explained.

#### **3.2.1. Supply Voltage Ripple**

In this test, different voltage than the normal voltage is applied for voltage ripple.

The purpose of this test is to verify immunity to supply voltage ripple.

#### **3.2.2. RF Immunity**

The purpose of RF Immunity testing is to protect vehicle components from electromagnetic fields transmitted and emitted due to board and off-board transmitters.

#### **3.2.3. Magnetic Field Immunity**

The Magnetic Field Immunity test induces radiated magnetic energy into the shifter and wire harness. The shifter is given an immunity test from 15 Hz to 150 kHz.

### **3.3. Functional Test**

During the development phase, the part have to successfully pass Functional tests. These tests are applied specifically on a component basis. Some of these tests are given below and briefly explained.

#### **3.3.1. Forcible Override**

The locked Shifter assembly must resist attempts to forcibly move it from Park. When the Shifter is unpowered and locked in Park, no sequence of knob and/or button motions shall enable the Shifter lever to be moved from Park.

#### **3.3.2. Cable Travel**

The Shifter Assembly must actuate the transmission from the Park to the non-Park position. For conventional transmissions: The Shifter Assembly must actuate the transmission from the Park to the Drive position.

### 3.3.3. Slam Shift

The Shifter Assembly shall not be easily damaged by impact loads. Use a weighted pendulum to apply an impact load to the shift knob. Switch between gear position. Shifter must not exceed the intended gear stop, exhibit cracking, have loss of function

### 3.3.4. PRNDL Function

The Shifter assembly PRNDL must correctly display the transmission gear position communicated via the communication protocol.

This test confirms that the Shifter assembly is capable of encoding its lever position, sending a message to the transmission control module(TCM) via the bus, receiving a message from the TCM via the bus, and implementing that message by indicating the correct gear in the PRNDL display. A test box may be required to simulate the output of the TCM used for PRND display.

## 4. CONCLUSION

Nowadays, there are many functions and features in automotive. These functions and features have been developed to benefit the comfort of the vehicle, driving dynamics, ease of use and simplicity. One of them system developed is automatic shifters. Today, automatic shifters are available in different types according to vehicle power. These types are divided into 3 as Automatic (AT) Shifter, Hybrid Shifter, Electronic Shifter(E-Shifter). These 3 shifters have some common points despite of different working principle. One of these common points is that they should include some security measures-algorithms. These safety measures are necessary to prevent problems and accidents that may be caused by the user/system. A problem in the shifter can cause problems with shifts between gears, cause problems such as when a parked vehicle slips, and cause an injury-fatal accident for similar reasons. For reasons like this, these systems are subjected to intensive tests in many different areas (environmental, electromagnetic, functional), during the development phase. These tests are so important to get information about system stability and system life-cycle.

### Resources

- [1] "Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application", G. Lechner, 1999
- [2] Federal Motor Vehicle Safety Standards 102 (FMVSS 102)
- [3] "Field study investigating first time interaction with four automatic gear shifter concepts and their impact on safety" Sanna Lohilahti Bladfält, Jon Friström, Camilla Grane, 2015
- [4] "Shifting Control and Analysis of Dual Clutch Transmission of Automobile", Xiaohui Xia, 2015

insac



**INSAC International Researches Congress on Natural  
and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Investigating the Effect of Lymphocytes Interacted with Senescent  
Mesenchymal Stem Cell Secretome on Breast Cancer Cell Line by  
Proteomic Approaches

(Melis Gzel, Murat okkeeci, Mustafa Burak Acar, Servet zcan)

## Investigating the Effect of Lymphocytes Interacted with Senescent Mesenchymal Stem Cell Secretome on Breast Cancer Cell Line by Proteomic Approaches

Melis Güzel<sup>1</sup>, Murat Çokkeçeci<sup>2</sup>, Mustafa Burak Acar<sup>3</sup>, Servet Özcan<sup>4,5</sup>

<sup>1</sup>Genome and Stem Cell Center (GENKÖK), Erciyes University, Kayseri, Türkiye, melais919@gmail.com

<sup>2</sup>Bioengineering Department, Faculty of Life and Natural Science, Abdullah Gül University, Türkiye, murat.cokkececi@agu.edu.tr

<sup>3</sup>Genome and Stem Cell Center (GENKÖK), Erciyes University, Kayseri, Türkiye, mustafaburakacar@erciyes.edu.tr

<sup>4</sup>Faculty of Science, Department of Biology, Erciyes University, Kayseri, Türkiye, ozcan@erciyes.edu.tr

<sup>5</sup>Genome and Stem Cell Center (GENKÖK), Erciyes University, Kayseri, Türkiye

**Özet:** Human population is progressively aging, the proportion of older patients with cancer is increasing significantly. Due to the heterogeneity of general health and functional status amongst older persons, treatment of cancer is a major challenge. Older patients often face with more side effects of anticancer treatments. The immune system is very critical in suppression of cancer development. Senescent cells accumulate during the aging process and exhibit a senescence-associated secretory phenotype (SASP); this means that they secrete inflammatory mediators (e.g., interleukin (IL)-6, IL-8, monocyte chemoattractant protein (MCP)-2, growth-regulated oncogene alpha (GRO $\alpha$ ), etc.) that can promote tumor growth by creating a tumorigenic environment. The SASP plays a critical role in tumor progression by affecting numerous processes including invasion, metastasis, epithelial-to-mesenchymal transition (EMT) induction, therapy resistance and immunosuppression. Breast cancer is the second leading cause of female cancer-related death worldwide. In order to increase efficiency of therapies it is crucial to identify breast cancer markers which increases via SASP exposure.

We hypothesized that SASP may support the cancer cells in manipulating the immune system cells and help them to escape from immune clearance. We aimed to observe the changes in cancer cells with a proteomic approach after SASP and immune cell exposure. In accordance with this aim, we used mda-mb 231 breast cancer cell line. First, we cultured cancer cells with senescent mesenchymal stem cell secretome (MSC). Then we co-cultured the cancer cells with Donor Lymphocyte Infusion (DLI). Finally, cancer cells were cultured with DLI + Senescent MSC secretome (OLD). After co-culture, secretomes were collected and samples were dried by adding StrataClean Beads. Afterwards, samples were prepared for mass spectrometry using the InStage Digestion method. LC-MS/MS analyzes were performed on ABSciex TOF 5600+ instrument. The data were evaluated with the help of bioinformatic tools.

Results of bioinformatic revealed that SASP mediated cancer progression by suppressing the immune system in breast cancer. Additionally, we observed high expression of protein associated with cancer metastasis. We identified 63 proteins specific to the MDA + DLI + OLD group. Gene Ontology (GO) analysis revealed that these proteins negatively regulate the gene process, which plays a role in the immune system. With all these findings, we proved that SASP suppresses (blocks) lymphocytes and prevent them to proceed the immune clearance against breast cancer cells.

**Anahtar Kelimeler:** SASP, Breast Cancer, Senescent Mesenchymal Stem Cell Secretome, Mass spectrometry



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

A New Algorithm to Find Initial Conditions for Multi-Variate  
Newton-Raphson Method to get Trim Point Solutions of the 6DOF  
Air Vehicle Model

(Metehan Akinci, Munir Elferra)

# A New Algorithm to Find Initial Conditions for Multi-Variate Newton-Raphson Method to get Trim Point Solutions of the 6DOF Air Vehicle Model

Metehan Akinci<sup>1</sup>, Munir Elferra<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ankara Yildirim Beyazıt University, Aeronautics and Astronautics Department,  
E-mail: metehan.akinci95@gmail.com

<sup>2</sup>Abu Dhabi Polytechnic, E-mail: munir.elferra@adpoly.ac.ae

---

**Abstract:** Trim point for a six degrees of freedom (6DOF) air vehicle model is crucial for the accurate simulation and analysis of the air-vehicle's behavior. To be able to find these trim conditions, the Newton-Raphson algorithm is used. A new algorithm called "TrimMap" is introduced to find proper initial conditions for given flight conditions using predetermined trimmed state values to initialize Newton-Raphson. These predetermined state values are produced using zeros and logical guesses for the state. Using these initial guesses, all flight envelope is scanned and the state values for the trimmed points are mapped inside a flight envelope to create base layer. These trimmed values of the states are used to generate initial conditions for neighbor flight conditions using series of neighbor, interpolation, and extrapolation loops for the points that could not be trimmed. Process is iterative and done until no new trim points are achieved. After finding these conditions, to make sure they are the trim points, these points are validated using 6DOF air vehicle simulations with a given maneuver. It has been seen that, algorithm is very promising and very robust over almost the entire flight envelope for finding new trim conditions.

**Keywords:** Newton-Raphson, Initial Condition, Air vehicle Modelling, Simulation, Convergence, Trim

---

## 1. Introduction

The simulation and analysis of six degrees of freedom (6DOF) air vehicle models is the topic of interest for decades and it is crucial for understanding the behavior of air vehicles. Modeling and simulation have become essential tools in today's engineering development as computing power has increased. The use of six degrees of freedom models allows for the reduction of both project risks and costs, as well as the relatively easy assessment of different product configurations.[1] In these models, trim point represents a set of equilibrium conditions for the vehicle's states, such as its speed and altitude, as well as its control inputs, such as its thrust and elevator deflection. These equilibrium conditions allow the vehicle to maintain a steady flight without any external disturbances and most importantly shows that an air vehicle's capability of a given maneuver or flight condition. Determining a trim point for a 6DOF air vehicle model is critical since it provides as a starting point for simulations utilizing initial values for differential equations and allows for the prediction of the aircraft's behavior under various flight situations. Trim also defines criteria for design and analysis based on aircraft models, and it can be utilized to provide data needed to define the operating envelope or performance characteristics.

Moreover, systems are linearized at trim points, for control law analysis [2]. If a point cannot be trimmed, then this might mean that desired envelope cannot be achieved with the given air vehicle configuration properties so that design change might be necessary. However, given point might be trimmable yet the algorithm used, couldn't find the desired trim point. Therefore, trim ability at a given point in a desired envelope plays an extremely important role. Finding a trim algorithm might be a challenging process since equations are coupled and nonlinear with the large number of states [3]. In literature there are numerous techniques with the advantages and disadvantages for finding trim points. One of the methods that is widely used is the bisection method. The Bisection Method involves iteratively dividing the interval in which the root lies into two equal parts, and then selecting the sub-interval that contains the root, and repeating the process until the desired accuracy is achieved. This method is simple and easy to understand, but it is relatively slow and hard to extend its usage for multi-variate systems [4]. The Secant Method is a faster variation of the Bisection Method, where instead of bisecting the interval, an approximation to the root is obtained using the slope of the secant line passing through two points of the function and there is no need for derivative calculations [5]. The Newton-Raphson Method is based on the idea of linear approximation, where the root of a function is approximated as the root of its linearization at a nearby point. This method can converge much faster than the Bisection and Secant Methods, but it requires the evaluation of the first derivative of the function [6]. This may seem like a costly job, yet first derivatives will be used when linearizing the air vehicle at trim points. Algorithm may not converge if the initial guess is not close enough to the root [7]. Selection of these initial guesses can be hard without any algorithm since more than ten equations should be solved simultaneously, meaning that more than ten parameters should be initialized correctly to Newton-Raphson algorithm to converge. Therefore, an algorithm called "TrimMap" is suggested to overcome the initial value problem. Algorithm finds proper initial conditions for given flight conditions using predetermined trimmed state values to initialize Newton-Raphson. These predetermined state values are produced using zeros and logical guesses for the state. Using these initial guesses, all flight envelope is scanned and the state values for the trimmed points are mapped inside a flight envelope to create a base layer. These trimmed values of the states are used to generate initial conditions for neighbor flight conditions using series of neighbor, interpolation, and extrapolation loops for the points that could not be trimmed. Process is iterative and done until no new trim points are achieved. After finding these conditions, to make sure they are the trim points, these points are validated using 6DOF air vehicle simulations with a given maneuver. It has been seen that, algorithm is very promising and very robust over almost the entire flight envelope for finding new trim conditions.

## 2. Materials and Methods

In this study, a six degrees of freedom (6DOF) air vehicle model was used to investigate the importance of selecting an appropriate initial point for the Newton-Raphson algorithm. The model was implemented using MATLAB(R2021a)/Simulink software and consisted of a set of nonlinear differential equations that described the vehicle's motion and behavior in 6DOF. The equations were based on the aerodynamic forces and moments acting on the vehicle, as well as the vehicle's mass and inertial properties.

## 2.1. Six Degrees of Freedom Aircraft Model

Six Degrees of Freedom Air Vehicle model mainly consist of six components, and these are shown below using flowchart with their interactions.

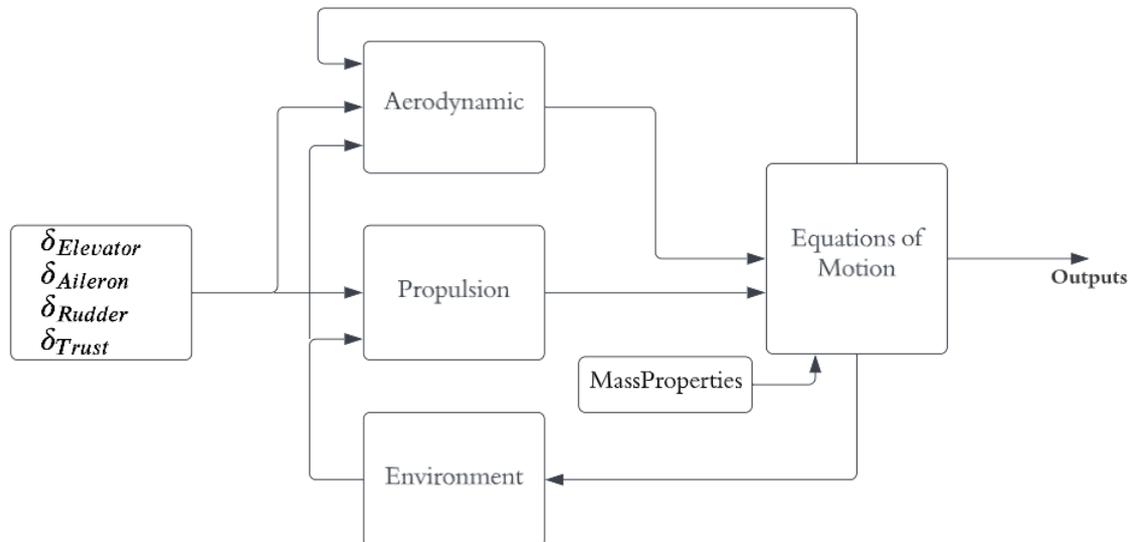


Figure 1. Six Degrees of Freedom Model Hierarchy

In addition to the components above, there are other components in a 6DOF model such as actuators, sensors, and control law. Since, they do not have any impact on the algorithm, they will be omitted. With the data available on the literature, F16 aircraft is chosen and will be used in the modelling section.

### 2.1.1. Aerodynamics Model

The aerodynamic database is obtained from the NASA as tabular form, which are created using wind tunnel tests. Database is a function of angle of attack, angle of sideslip and surface deflections. Dimensional properties are given in the table shown below [8].

Table 1. Dimensional Parameters

Parameter Name	Value	Unit
Wingspan	9.144	m
Wing Area	27.870	m <sup>2</sup>
Mean Aerodynamic Chord	3.450	m

### 2.1.2. Mass Model

Mass properties are assumed to be constant during flight conditions and shown in the table below [9].

Table 2. Mass Properties

Parameter Name	Value	Unit
Mass	9298	kg
$I_{xx}$	12874	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$
$I_{yy}$	75673	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$
$I_{zz}$	85552	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$
$I_{xz}$	1331	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$
$I_{xy}$	0	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$
$I_{yz}$	0	$\text{kg}\cdot\text{m}^2$

### 2.1.3. Propulsion Model

Engine trust values are obtained using published data as tabular form for different Mach numbers and altitudes [8]. The model has first order lag with a time constant for the difference between throttle command input and the actual power level [10]. However, they are not considered since they have no impact on the algorithm. Model takes the throttle command input, Mach number and altitude to calculate the trust value.

### 2.1.4. Environment Model

To calculate the Mach number, dynamic pressure, angle of attack, angle of sideslip and dynamic pressure, U.S. Standard Atmosphere model is used [11].

### 2.1.5. Equations of Motion Model

The equations of motion model are a crucial component of any flight simulation or analysis, particularly for aircraft or air vehicle models. These equations describe the dynamics of the vehicle's motion in six degrees of freedom, including its translational and rotational motion. The importance of the equations of motion model lies in its ability to accurately represent the behavior of the air vehicle in response to different flight conditions, including variations in altitude, speed, and control inputs. This model is essential for understanding how the vehicle will respond to different flight scenarios, as well as for designing and optimizing control systems for the vehicle. In addition, the equations of motion model can also be used for trajectory planning and optimization, as well as for evaluating the overall performance and safety of the air vehicle. Equations are now constructed with assumptions given below [12].

- 1) Aircraft is a rigid body.
- 2) Earth is and inertial reference inertial frame.
- 3) Mass is constant.
- 4) Earth is flat and non-rotating.
- 5) Atmosphere is uniform and stationary.

With the given assumptions above, equations are constructed. State variables are chosen as angular rates, Euler angles, body velocities, and positions.

$$X = [(PQR), (uvw), (\phi\theta\psi), (xyz)]$$

Control inputs are chosen as below.

$$U = \delta_a, \delta_e, \delta_r, \delta_t$$

Where,  $\delta_a, \delta_e, \delta_r, \delta_t$  inputs are the aileron, elevator, rudder, and throttle inputs respectively. With defined states and inputs, state derivatives now can be defined as a function of states and inputs of the aircraft.

$$\dot{X} = f(X, U)$$

## 2.2. Trim Algorithm

Trim algorithm is chosen as Multi-variate Newton-Raphson method and the purpose of the algorithm is to find the state variables and the control inputs that satisfy the state derivatives and the outputs.

$$[\dot{X}, Y] = f(X, U)$$

The Multi-variate Newton Raphson formulation given as below.

$$\mathbf{x}^{(k)} = \mathbf{x}^{(k-1)} - J(\mathbf{x}^{(k-1)})^{-1} f(\mathbf{x}^{(k-1)})$$

Where,  $\mathbf{x}$  is the combination of the states and inputs,  $J$  is the Jacobian matrix, and  $f$  is the constrained equations as shown below.

$$\mathbf{x} = [X, U]$$

$$J(\mathbf{x}) = \begin{bmatrix} \frac{\partial f_1}{\partial x_1}(\mathbf{x}) & \frac{\partial f_1}{\partial x_2}(\mathbf{x}) & \dots & \frac{\partial f_1}{\partial x_n}(\mathbf{x}) \\ \frac{\partial f_2}{\partial x_1}(\mathbf{x}) & \frac{\partial f_2}{\partial x_2}(\mathbf{x}) & \dots & \frac{\partial f_2}{\partial x_n}(\mathbf{x}) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \frac{\partial f_n}{\partial x_1}(\mathbf{x}) & \frac{\partial f_n}{\partial x_2}(\mathbf{x}) & \dots & \frac{\partial f_n}{\partial x_n}(\mathbf{x}) \end{bmatrix}$$

Partial differentiation cannot be done analytically so that centered differentiation is introduced.

$$\frac{\partial f}{\partial x_1} = \frac{f(x_1+\Delta) - f(x_1-\Delta)}{2\Delta}$$

Process is summarized in the below flow chart.

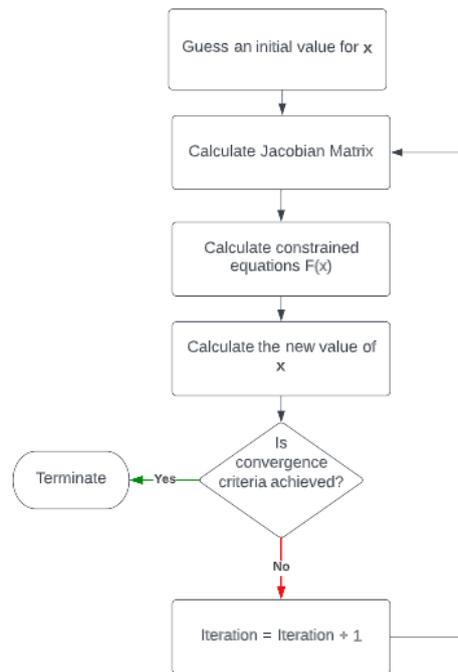


Figure 2. Newton-Raphson algorithm

### 2.2.1. Trim Types

In literature there are many trim types that has been used frequently. Some of them are the straight flight, pull-up, steady-state turn, push-over [2]. Many more can be defined according to the user needs. For simplicity one of them is chosen and explained as below.

#### 2.2.1.1. Pull-up Trim

The pull-up trim condition is a specific trim point for an aircraft where the pilot applies a positive pitch input to initiate a climb. In pull-up, trim is defined using 10 constrained equations and 10 corresponding unknowns, as shown in the table below.

Table 3. Pull-up Trim

Constrained Equations	Values	Unknowns	Defined Variables
True Air Speed (TAS)	User Defined	$\delta_a$	$p = 0$
Gamma	0	$\delta_e$	$r = 0$
Load Factor ( $N_y$ )	0	$\delta_r$	$\psi = 0$
Load Factor ( $N_z$ )	User Defined	$\delta_t$	$z$ (Altitude) = User defined
$\dot{u}$	0	$u$	$x = 0$
$\dot{v}$	0	$v$	$y = 0$
$\dot{w}$	0	$w$	
$\dot{p}$	0	$\phi$	
$\dot{q}$	0	$\theta$	
$\dot{r}$	0	$q$	

### 2.3. TrimMap

The most important point of the Newton Raphson method is the initial conditions, and they must be selected carefully because selection of these initial conditions may lead us nowhere near the solution. Therefore, an algorithm is placed to find as much as possible trim conditions to the aircraft trim problem by choosing the optimum initial conditions for the Newton Raphson. It is an iterative algorithm and consist of 4 main parts. These are,

- Base Layer
- Neighbor Layer
- Extrapolation Layer
- Interpolation Layer

To be able to apply the algorithm, an envelope is chosen and bounded by Mach number and altitude.

*Table 4. Flight Envelope*

Envelope Parameter	Range	Unit
Mach	[0.2:0.05:1.2]	-
Altitude	[0:2000:40000]	ft

#### 2.3.1. Base Layer

In the base layer, all parameters except the forward velocity component  $u$  is initialized by zero since it has been observed that, it has the most impact while finding trim conditions. Whole envelope is scanned using these initial conditions, and the trimmed point's states and input values are saved for the next layers.

*Table 5. Base Layer initialization algorithm*

Unknowns ( $x$ )	Initialization value
$\delta_a$	0
$\delta_e$	0
$\delta_r$	0
$\delta_t$	0
$u$	True Air Speed (TAS)
$v$	0
$w$	0
$\phi$	0
$\theta$	0
$q$	0

#### 2.3.2. Neighbor Layer

In the neighbor layer, conditions are initialized by the neighbor's trimmed point's states and inputs. Neighbor locations and the algorithm are defined and found as shown in the example below. Assume aircraft is to be trimmed at 0.6 Mach and 16000 ft altitude.

1. Find the location of the point using range defined in Table 4. Location is calculated, finding the order from the breakpoint table.

$$Location_{Altitude,Mach} = [5,9]$$

		Mach																					
		0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2	
Altitude	0																						
	4000																						
	8000																						
	12000																						
	16000																						
	20000																						
	24000																						
	28000																						
	32000																						
	36000																						
	40000																						

Figure 3. Location of the Trim Point

2. Find the locations that touches the trimmed condition. A point on envelope has 8 neighbor locations unless it is on the outer edge. Locations are found as adding and subtracting by one from the trim point.

$$NeighborLocations = \{[4,8], [5,8], [6,8], [4,9], [6,9], [4,10], [5,10], [6,10]\}$$

		Mach																					
		0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0	1,05	1,1	1,15	1,2	
Altitude	0																						
	4000																						
	8000																						
	12000																						
	16000																						
	20000																						
	24000																						
	28000																						
	32000																						
	36000																						
	40000																						

Figure 4. Neighbor Locations

3. Select the trimmed neighbor locations and eliminate the others.
4. Take the state vector of the neighbor trimmed point and use it as initial condition for Newton Raphson.
5. Do step 4 for all the neighbor trimmed locations, until point is trimmed or there is no neighbor left to be tried.

### 2.3.3. Extrapolation Layer

In the extrapolation layer, conditions are initialized by the extrapolating the trim states of the 2 selected points. Points and the algorithm are defined and found as shown in the example below. Assume aircraft is to be trimmed at 0.6 Mach and 16000 ft altitude.

- Find the distance difference between the trim point and the neighbor locations.  
 $Distance = [5,9] - \{[4,8], [5,8], [6,8], [4,9], [6,9], [4,10], [5,10], [6,10]\}$   
 $Distance = \{[1,1], [0,1], [-1,1], [1,0], [-1,0], [1, -1], [0, -1], [-1, -1]\}$
- Subtract distance to each neighbor location to find the outer point.  
 $Outer Points = \{[4,8], [5,8], [6,8], [4,9], [6,9], [4,10], [5,10], [6,10]\} - Distance$   
 $Outer Points = \{[3,7], [5,7], [7,7], [3,9], [7,9], [3,11], [5,11], [7,11]\}$
- Merge the outer points with the neighbor conditions to find the points.  
 $ExtrapolationPoints = \{[4,8] [5,8] [6,8] [4,9] [6,9] [4,10] [5,10] [6,10] [3,7]' [5,7]' [7,7]' [3,9]' [7,9]' [3,11]' [5,11]' [7,11]\}$

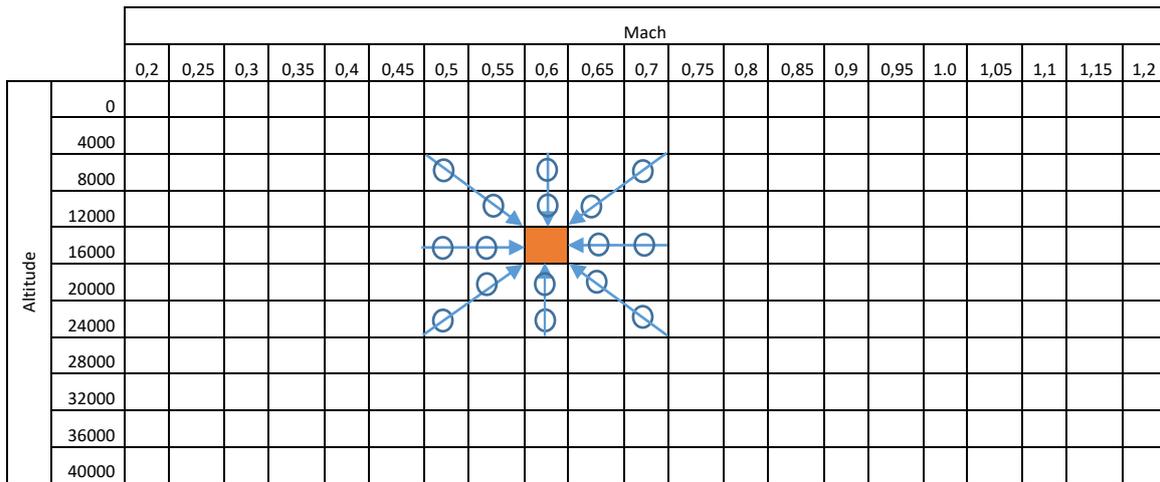


Figure 5. Extrapolation Points

- Select the trimmed points and eliminate the others. If one of the extrapolation point has no trim, then eliminate the combination also. Since it is impossible to extrapolate using one point.
- Extrapolate the trim state conditions for the trim point.  
 $x_{new} = 2 * x_{NeighborPoint} - x_{OuterPoint}$
- Do step 4 and 5 for all the extrapolation trimmed locations, until point is trimmed or there is no point left to be tried.

### 2.4. Interpolation Layer

In the interpolation layer, conditions are initialized by the interpolating the trim states of the 2 selected points. Points and the algorithm are defined and found as shown in the example below. Assume aircraft is to be trimmed at 0.6 Mach and 16000 ft altitude.

- Find the distance difference between the trim point and the neighbor locations.  
 $Distance = [5,9] - \{[4,8], [5,8], [6,8], [4,9], [6,9], [4,10], [5,10], [6,10]\}$   
 $Distance = \{[1,1], [0,1], [-1,1], [1,0], [-1,0], [1, -1], [0, -1], [-1, -1]\}$
- Add distance to each neighbor location to find the conjugate points.  
 $Conjugate Points = \{[4,8], [5,8], [6,8], [4,9], [6,9], [4,10], [5,10], [6,10]\} + Distance$   
 $Conjugate Points = \{[6,10], [5,10], [4,10], [6,9], [4,9], [6,8], [5,8], [4,8]\}$
- Merge the conjugate points with the neighbor conditions to find the interpolation points.  
 $Interpolation Points = \{[4,8] [5,8] [6,8] [4,9] [6,9] [4,10] [5,10] [6,10] [6,10]' [5,10]' [4,10]' [6,9]' [4,9]' [6,8]' [5,8]' [4,8]\}$

4. Eliminate the same points.

$$\text{Interpolation Points} = \{ [4,8] [5,8] [6,8] [4,9], \\ [6,10]' [5,10]' [4,10]' [6,9] \}$$

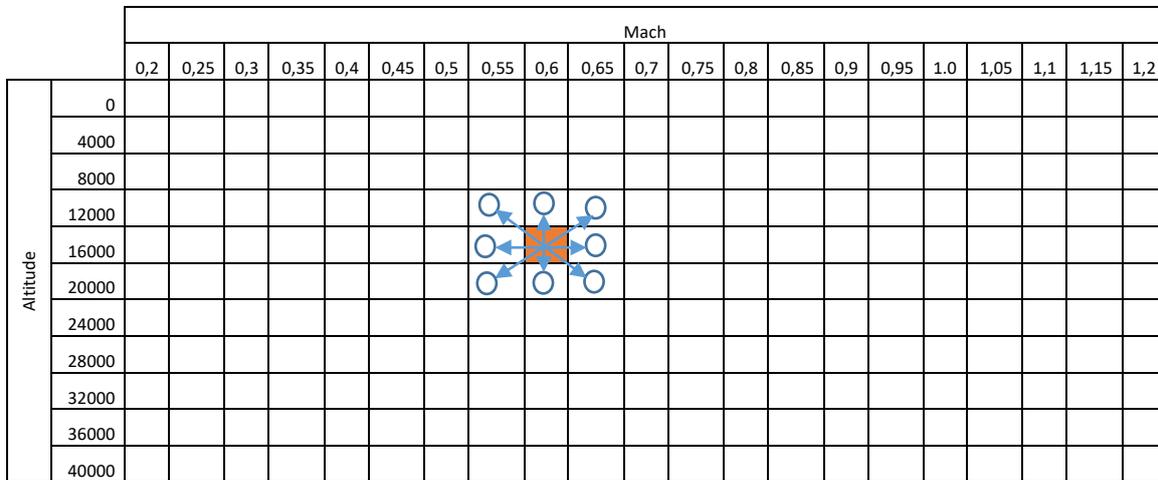


Figure 6. Interpolation Points

- Select the trimmed points and eliminate the others. If one of the interpolation points has no trim, then eliminate the combination also. Since it is impossible to interpolate using one point.
- Interpolate the trim state conditions for the trim point.
$$x_{new} = \frac{x_{NeighborPoint} + x_{ConjugatePoint}}{2}$$
- Do step 5 and 6 for all the interpolation trimmed locations, until point is trimmed or there is no point left to be tried.

## 2.5. TrimMap Cycle

Base layer, neighbor layer, extrapolation and interpolation layers are in a cycle and will be running one after another until no new trim is found.

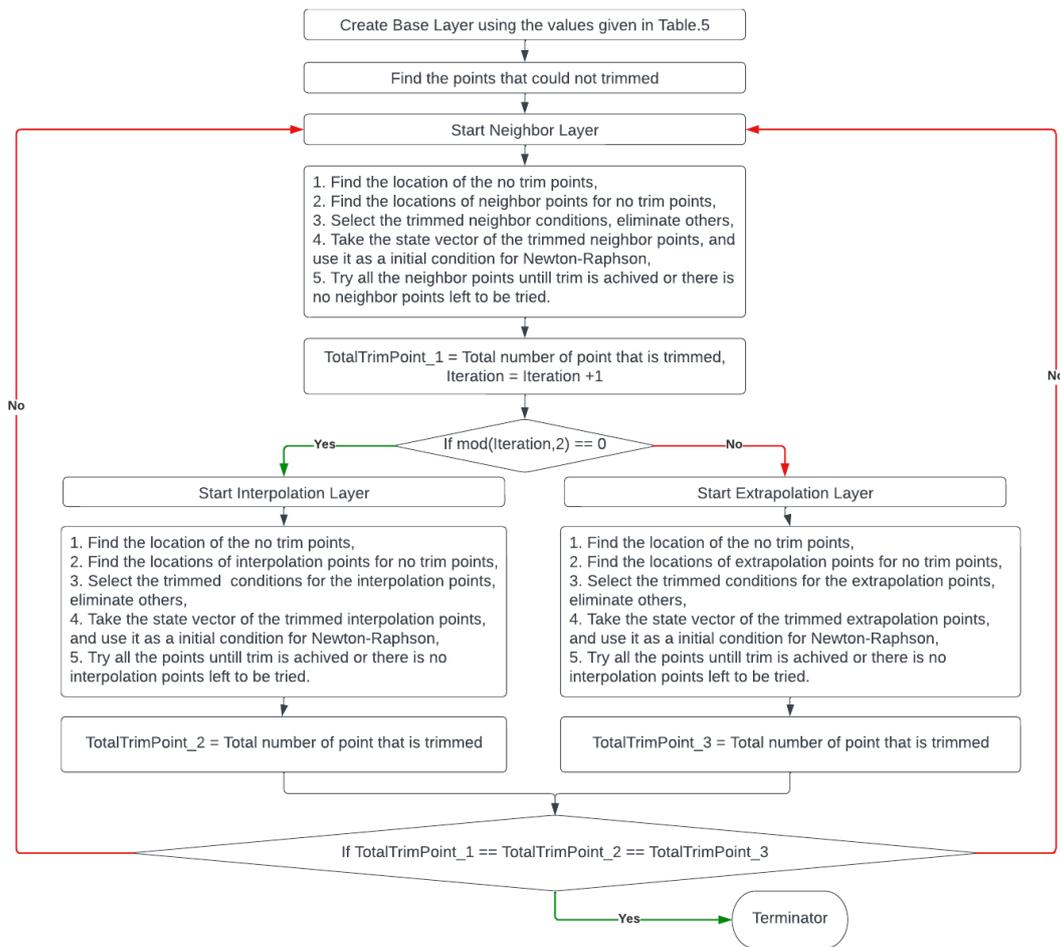


Figure 7. TrimMap Algorithm scheme

An example is given below for the envelope given in Table 4. Ones mean that the point is trimmed, zeros means that point could not be trimmed.

		Mach																					
		0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	1,05	1,1	1,15	1,2	
Altitude	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	
	4000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	8000	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	12000	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	16000	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	20000	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	24000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	28000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	32000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	36000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Figure 8. Base Layer with an 86 TotalTrimPoint

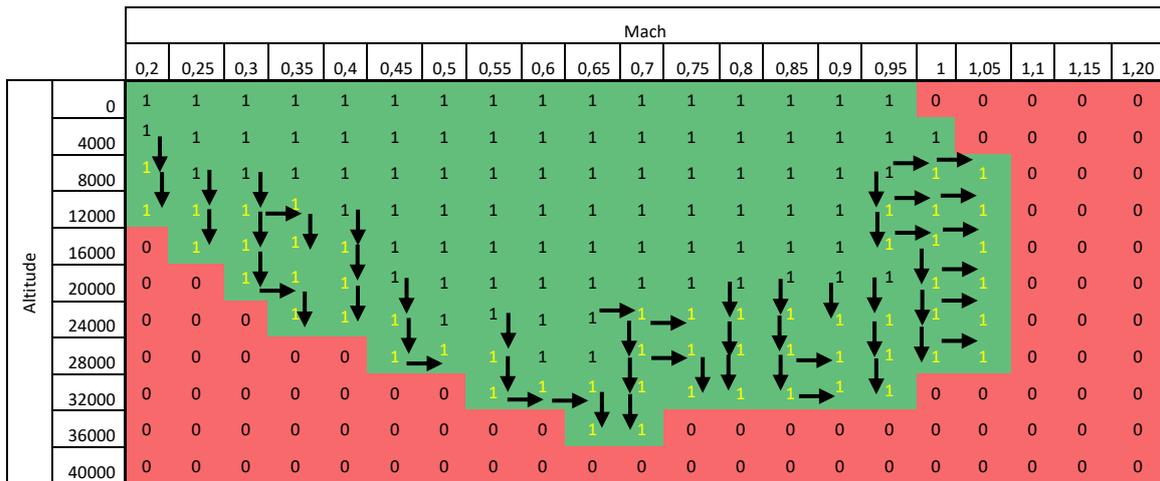


Figure 9. Neighbor Layer with 141 TotalTrimPoint

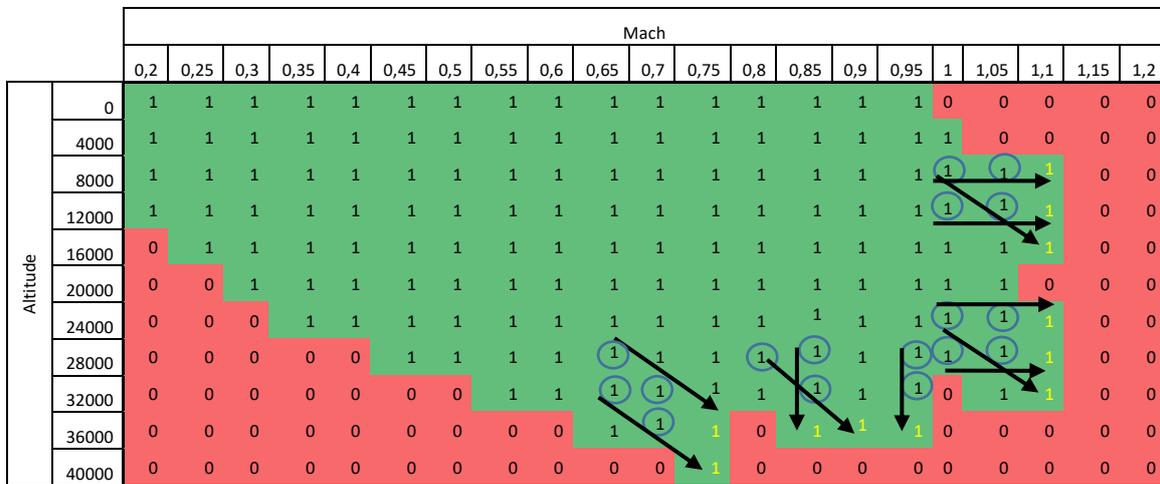


Figure 10. Extrapolation Layer with 152 TotalTrimPoint

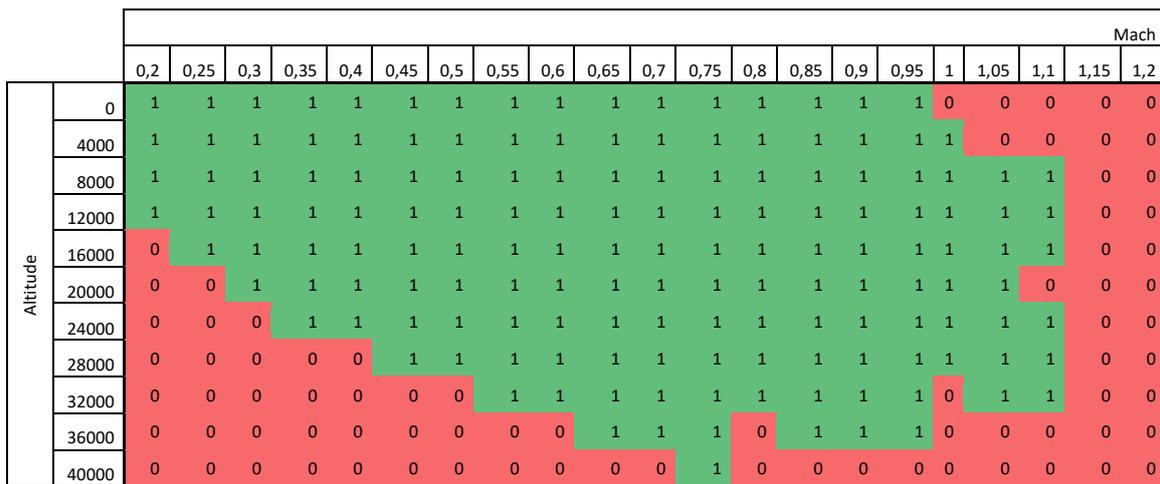


Figure 11. Neighbor Layer with 152 TotalTrimPoints

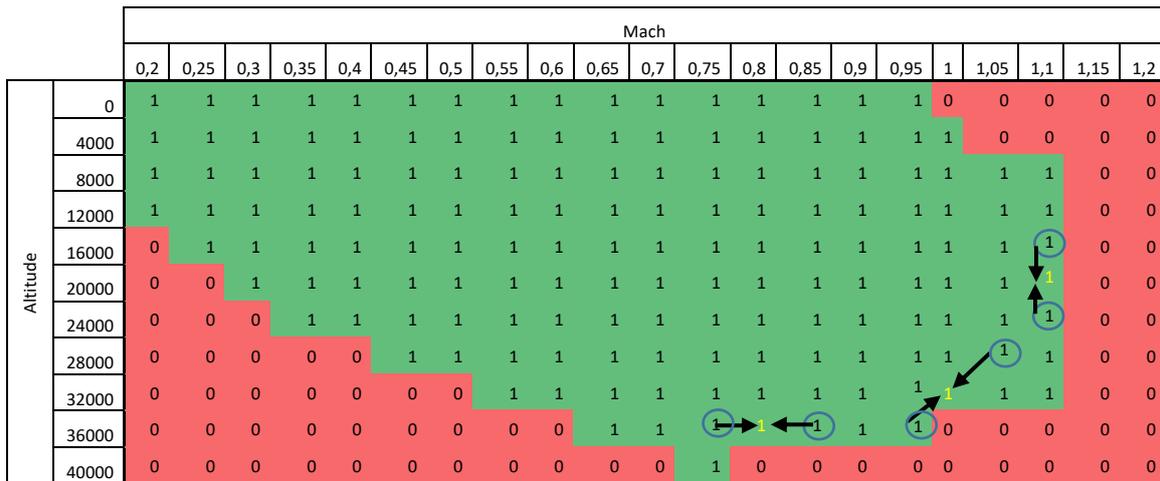


Figure 12. Interpolation Layer with 155 TotalTrimPoint

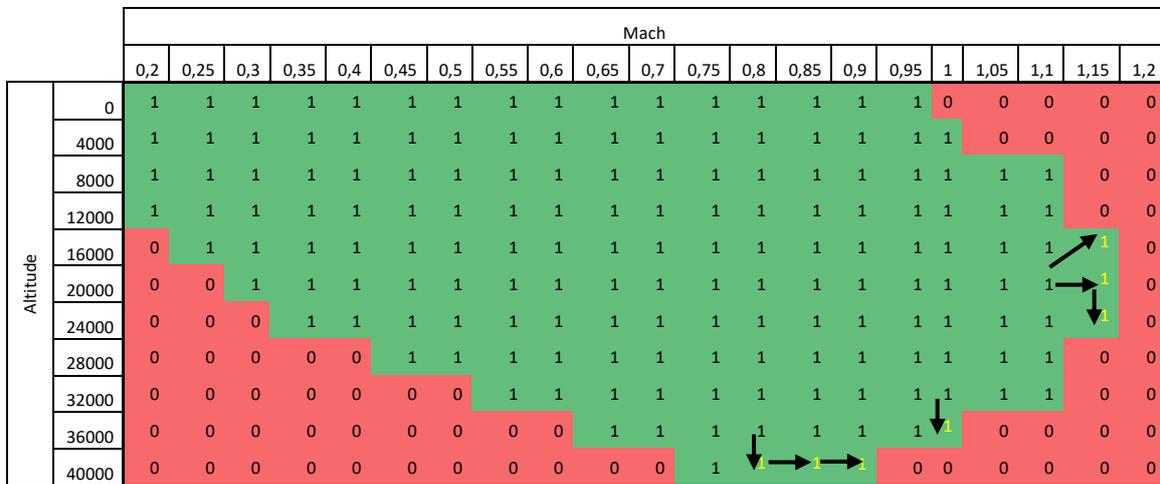


Figure 13. Neighbor Layer with 162 TotalTrimPoint

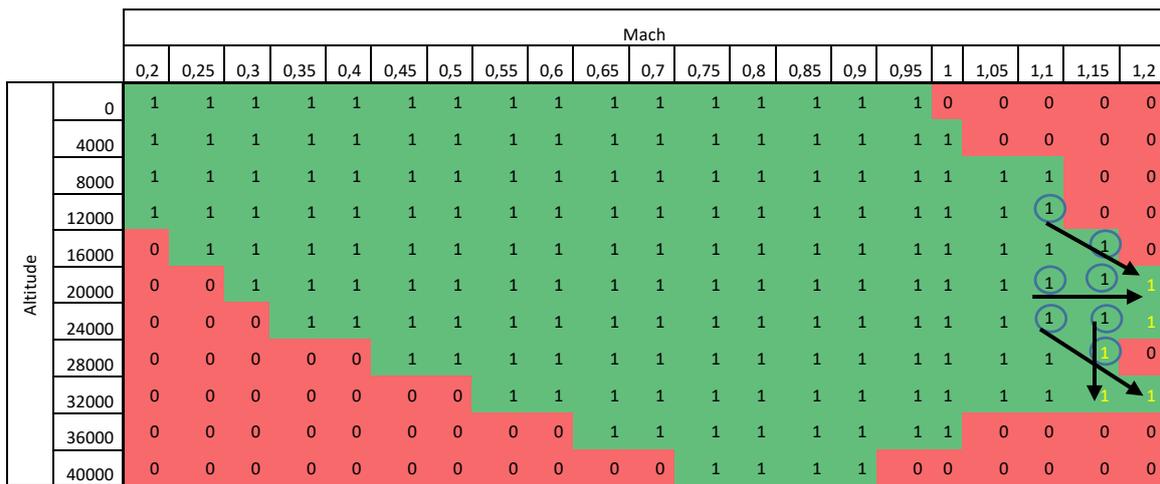


Figure 14. Extrapolation Layer with 167 TotalTrimPoint

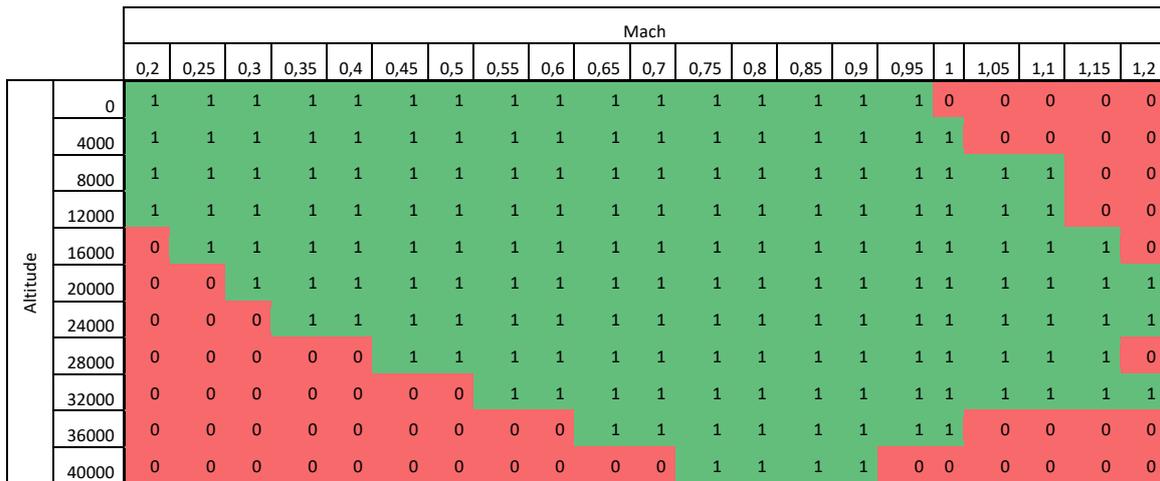


Figure 15. Neighbor Layer with 167 TotalTrimPoint

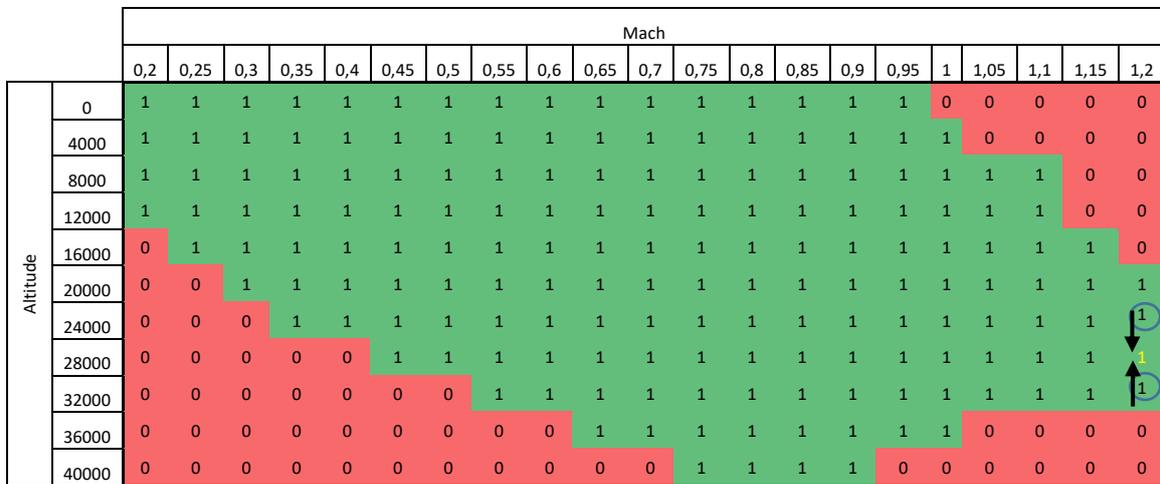


Figure 16. Interpolation Layer with 168 TotalTrimPoints

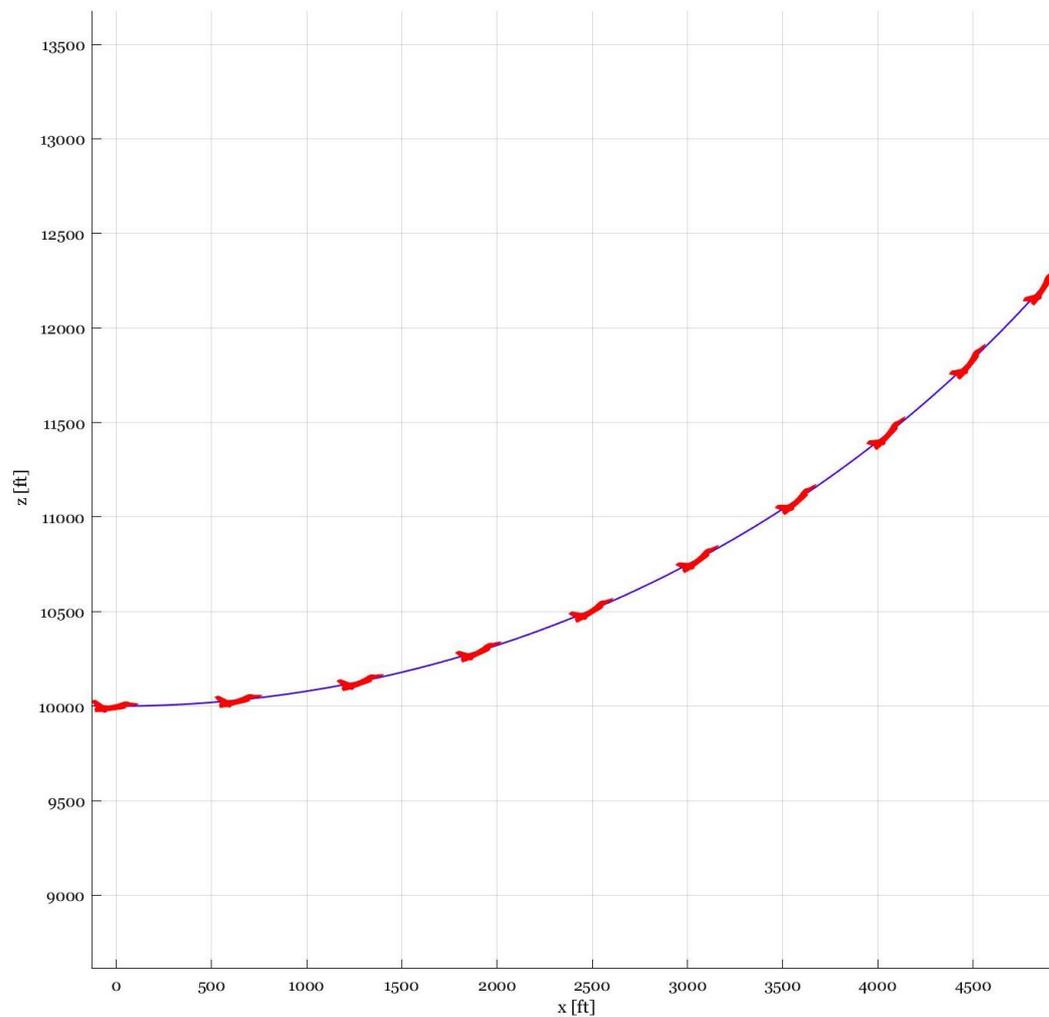
Algorithm is stopped after that point since no point is trimmed after the neighbor and extrapolation layers.

### 2.6. Validations by Simulation

To be able to make sure that the trim point is the solution, a random point is chosen, and simulation is run.

Table 6. Simulation point properties

Constrained Equations	Values	Defined Variables
Mach	0.6	$p = 0$
Gamma	0	$r = 0$
Load Factor ( $N_y$ )	0	$\psi = 0$
Load Factor ( $N_z$ )	2	$z$ (Altitude) = 10000 ft
$\dot{u}$	0	$x = 0$
$\dot{v}$	0	$y = 0$
$\dot{w}$	0	
$\dot{p}$	0	
$\dot{q}$	0	
$\dot{r}$	0	



*Figure 17. Pull-up Simulation result*

### 3. Conclusion

To conclude, total of 167 points could be trimmed and 82 of them was found using the algorithm. It can be said that algorithm doubled to trim conditions. Most important regions can be stated as transonic and above transonic. Algorithm can be extended to any trim type with a given envelope. Simulation for the selected shows that, trim is indeed achieved with the given pull-up maneuver. It has been seen that, algorithm is very promising and very robust over almost the entire flight envelope for finding new trim conditions.

#### 4. References

- [1] G. da Silveira and V. Carrara, "A six degrees-of-freedom flight dynamics simulation tool of launch vehicles," *Journal of Aerospace Technology and Management*, vol. 7, no. 2, pp. 231–239, Apr. 2015, doi: 10.5028/jatm.v7i2.433.
- [2] A. de Marco, E. L. Duke, and J. S. Berndt, "A general solution to the aircraft trim problem," in *Collection of Technical Papers - 2007 AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference, 2007*, vol. 2, pp. 792–831. doi: 10.2514/6.2007-6703.
- [3] A. Demirel, "INVESTIGATING TRIM ALGORITHMS FOR A UTILITY HELICOPTER A THESIS SUBMITTED TO THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES OF MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY."
- [4] A. G. Ahmad, "Comparative Study of Bisection and Newton-Raphson Methods of Root-Finding Problems," 2015. [Online]. Available: <http://www.ijmtjournal.org>
- [5] A. W. Nwry, H. M. Kareem, R. B. Ibrahim, and M. Mohammed, "Comparison Between Bisection, Newton and Secant Methods for determining the root of the Non-Linear equation using MATLAB," 2021.
- [6] J. C. Aghamie, "Comparative Study of Bisection, Newton-Raphson and Secant Methods of Root-Finding Problems," 2014. [Online]. Available: [www.iosrjen.org](http://www.iosrjen.org)
- [7] F. Casella and B. Bachmann, "On the choice of initial guesses for the Newton-Raphson algorithm," *Appl Math Comput*, vol. 398, Jun. 2021, doi: 10.1016/j.amc.2021.125991.
- [8] L. T. Nguyen, M. E. Ogburn, W. P. Gilbert, K. S. Kibler, P. W. Brown, and P. L. Deal, "Simulator Study of Stall/Post-Stall Characteristics of a Fighter Airplane With Relaxed Longitudinal Static Stability," 1979.
- [9] F. R. Garza and E. A. Morelli, "A Collection of Nonlinear Aircraft Simulations in MATLAB," 2003. [Online]. Available: <http://www.sti.nasa.gov>
- [10] Albert Farr'e Gabernet, "Controllers for Systems with Bounded Actuators: Modeling and control of an F-16 aircraft," 2007.
- [11] "U.S. Standard Atmosphere 1976," 1976.
- [12] Brian L. Stevens, Frank L. Lewis, and Eric N. Johnson, "AIRCRAFT CONTROL AND SIMULATION."

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

A549 Hücre Antijenleri Kullanılarak Geliştirilen Aşı  
Formülasyonlarının İmmünostimulan Etkinliğinin İncelenmesi

(Murat İhlamur, Kübra Kelleci, Emrah Şefik Abamor)

## A549 Hücre Antijenleri Kullanılarak Geliştirilen Aşı Formülasyonlarının İmmünostimülan Etkinliğinin İncelenmesi

Murat İhlamur<sup>1,2</sup>, Kübra Kelleci<sup>2,3</sup>, Emrah Şefik Abamor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biruni Üniversite, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye, mihlamur@biruni.edu.tr

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü, Kimya Metalürji Fakültesi, İstanbul, Türkiye, esabamor@gmail.com

<sup>3</sup>Beykoz Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikleri Bölümü, Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye, kubrakelleci@beykoz.edu.tr

**Özet:** Kanser, hücrelerin kontrolsüz bir şekilde çoğalması sonucunda oluşmaktadır. Akciğer kanseri ise dünyada en sık görülen kanser çeşitlerinden biridir. 2020'de 2,2 milyondan fazla yeni akciğer kanseri vakası olduğu belirtilmekte ve giderek yaygınlığı artmaktadır. Tedavisinde cerrahi, kemoterapi, radyoterapi, immünoterapi ve hedefe yönelik ilaç terapisi gibi yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Fakat bu yöntemlerin dezavantajlarından dolayı tedavilerde her zaman olumlu yanıtlar alınamamaktadır. Bundan dolayı kansere yakalanmadan önce bağışıklığın oluşturulması hastalığın başlamasını engelleyecek ve tedaviden maksimum yanıtın alınmasını sağlayacaktır. Bu çalışmada, akciğer kanserine yönelik geliştirilen aşı formülasyonlarının immünostimülan etkileri RAW264.7 makrofaj ve L929 fibroblast hücrelerinde incelenmiş ve sitotoksiteleri belirlenmiştir. Otoklavlama yöntemi ile hazırlanan saf antijenlerin immünostimülan etkinliğinin en yüksek 100 µg/ml konsantrasyonda 5,698 nmol/ml olarak elde edilmiştir. 100 µg/ml saf antijenin alum ve saponin adjuvanları ile kombinasyonlarıyla hazırlanan aşı formülasyonlarında ise en yüksek immünostimülan etkinlik 100 µg/ml saf antijen-100 µg/ml adjuvan konsantrasyonlarında elde edilmiştir. 100 µg/ml antijen-100 µg/ml saponin adjuvanında fibroblast hücrelerinde immünostimülan etkinlik 5,969 nmol/ml iken RAW 264.7 makrofaj hücrelerinde ise 6,047 nmol/ml olarak belirlenmiştir. 100 µg/ml antijen-100 µg/ml alum adjuvanının immünostimülan etkinliğinde ise fibroblast hücrelerinde 6,124 nmol/ml, RAW 264.7 hücrelerinde ise 6,163 nmol/ml olarak belirlenmiştir. Çalışmada saponin adjuvanının doğal immün sistem hücreleri için toksik bir etkiye sahip olduğu ve aşı çalışmalarında kullanılamayacağını, alum adjuvanının ise toksik etki oluşturmadan yüksek bir immünostimülan etkinlik oluşturduğunu belirtmekteyiz. Elde edilen sonuçların akciğer kanserine yönelik aşı formülasyonlarının geliştirmesine yardımcı olacağını, kanser immünoterapisi çalışan araştırmacılar için veri sağlayacağını söyleyebiliriz.

**Anahtar Kelimeler:** akciğer kanseri, immünostimülan etki, otoklav antijeni, sitotoksitite, adjuvan

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Rezene Tohumunun A549 Akciğer Kanseri Hücre Hattı Üzerindeki  
Sitotoksik Etkilerinin İncelenmesi

(Murat İhlamur, Kübra Kelleci, Emrah Şefik Abamor)

## Rezene Tohumunun A549 Akciğer Kanseri Hücre Hattı Üzerindeki Sitotoksik Etkilerinin İncelenmesi

Murat İhlamur<sup>1,2</sup>, Kübra Kelleci<sup>2,3</sup>, Emrah Şefik Abamor<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Biruni Üniversite, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye, mihlamur@biruni.edu.tr

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Biyomühendislik Bölümü, Kimya Metalürji Fakültesi, İstanbul, Türkiye, esabamor@gmail.com

<sup>3</sup>Beykoz Üniversitesi, Tıbbi Hizmetler ve Teknikleri Bölümü, Meslek Yüksekokulu, İstanbul, Türkiye, kubrakelleci@beykoz.edu.tr.

**Özet:** Akciğer kanseri, tahminen 2 milyon teşhis ve 1,8 milyon ölümden sorumlu olan, kanser vakalarının ve ölümlerinin önde gelen nedenidir. Akciğer kanseri, dünyada en yaygın kanser çeşitlerinden biridir. Kemoterapi ve radyoterapi en etkili tedavi yöntemleri olmakla birlikte bazı tümör hücreleri bu tedavi yöntemlerine karşı dirençlidir. Bundan dolayı kanser tedavilerinde yeni yaklaşımlar geliştirilmek istenmektedir. Doğal bileşiklerden elde edilen fitokimyasallar, daha az toksisite, daha az yan etki ve kolayca bulunabilme gibi büyük avantajlara sahiptir. Ayrıca alkaloidler, terpenoidler, steroidler ve flavonoidler gibi sekonder metabolitlerin kanser yolaklarını baskıladığı da çalışmalarda kanıtlanmıştır. Rezene Tohumunun (*Foeniculum vulgare*) antikanser özelliği nedeniyle kanser tedavisine yönelik etkileri literatürde araştırılmıştır. Bu çalışmada, Rezene tohumu ekstraktı ve Altuzan ilacı kombinasyonları ile hazırlanan formülasyonların A549 akciğer kanseri hücre hattına karşı antikanser etkileri incelenmiştir. Ayrıca hazırlanan formülasyonların sitotoksik etkileri THP-1 makrofaj hücre hattında da bakılmıştır. 40 µg/ml konsantrasyondaki rezene tohumu ekstraktının sitotoksik etkisinde THP-1 hücrelerinde %102,33 canlılık tespit edilmiştir. Rezene tohumu ekstraktının akciğer kanseri hücreleri ile muamelesi sonucunda ise kanser hücrelerinin canlılıklarında azalma görülmektedir. A549 akciğer kanseri hücrelerine 40 µg/ml konsantrasyondaki rezene tohumu ekstraktı uygulandığında %74,82 canlılık tespit edilmiştir. Rezene ekstraktının sitotoksik etkinliği 40 µg/ml konsantrasyonda en yüksek olduğu için ilaç kombinasyonları bu konsantrasyon ile uygulanmıştır. 40 µg/ml ekstrakt-40 µg/ml altuzan ilacının THP-1 ile muamelesinde %86,22 canlılık tespit edilmiştir. Ayrıca, 40 µg/ml ekstrakt-40 µg/ml altuzan ilacının A549 ile muamelesinde ise %49,59 canlılık tespit edilmiştir. Sonuç olarak, rezene tohumu ekstraktının akciğer kanseri hücre hattında sitotoksik etkiye sahip olduğu görülmüştür. Rezene tohumu ekstraktı ile kombine edilen altuzan ilacının ise A549 hücrelerinde rezene tohumu ekstraktının tek başına kullanımına göre daha fazla öldürme oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** rezene tohumu, A549, akciğer kanseri, altuzan, sitotoksisite

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Isolation, Characterization and Antimicrobial Activity of Bacteriocin  
Producing Lactic Acid Bacteria from Raw Water Buffalo Milk

(Mustafa Erbakan, Volkan Özavcı)

## Isolation, Characterization and Antimicrobial Activity of Bacteriocin Producing Lactic Acid Bacteria from Raw Water Buffalo Milk

Mustafa Erbakan<sup>1</sup>, Volkan Özavcı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yozgat Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biosystems Engineering,  
E-mail: mustafa.erbakan@bozok.edu.tr

<sup>2</sup>Dokuz Eylül University, Faculty of Veterinary, Department of Preclinical Sciences,  
E-mail: volkan.ozavci@deu.edu.tr

---

### Özet:

Antibiotic resistance is a globally emerging health care concern. In recent years, a major difficulty in treatment of diseases such as tuberculosis, malaria, pneumonia and certain nosocomial infections is the presence of multi drug-resistant pathogens. In this regard, availability of the alternative antimicrobial materials is of paramount importance. Bacteriocins are ribosome-derived antimicrobial peptides generated by vast majority of bacteria to gain advantage over their competition. Bacteriocins from lactic acid bacteria (LAB) are often employed as natural food preservatives in food industry to increase the shelf-life of products. Their utilization as antimicrobial and anti-cancer agents in medical and veterinary treatments have been proposed. Therefore, discovery of new bacteriocin-producer LAB strains will benefit health and food industry applications.

In this study, bacteriocin producer LAB strains were isolated from water buffalo milk samples collected from dairy farms located in Sorgun and Akdağmağdeni districts of Yozgat Province. Selective culture media were used for isolation of LAB genera including *Lactobacillus*, *Enterococcus* and *Bifidobacterium*. Screening of bacteriocin producer strains were carried out by reverse-side agar spot test using *E. coli* and *S. aureus* as indicator bacteria. A further verification of bacteriocin activity was carried out using neutralized cell-free supernatants via agar well diffusion assay. LAB isolates were characterized using miscellaneous biochemical methods including TSI, MR-VP, indole and catalase tests. Majority of the bacteriocin producer strains formed some degree of inhibition zone against selected indicator bacteria implying a broad bacteriocin antimicrobial activity spectrum, which might enable their utilization as novel antimicrobial agents.

**Anahtar Kelimeler:** bacteriocin, lactic acid bacteria, water buffalo milk, antimicrobial activity

---



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Improving Recombinant Membrane Protein Expression in  
*Rhodobacter* sp. via Utilization of MISTIC Protein Fusion

(Mustafa Erbakan, Volkan Özavcı)

## Improving Recombinant Membrane Protein Expression in *Rhodobacter sp.* via Utilization of MISTIC Protein Fusion

Mustafa Erbakan<sup>1</sup>, Volkan Özavcı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yozgat Bozok University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Biosystems Engineering,  
E-mail: mustafa.erbakan@bozok.edu.tr

<sup>2</sup>Dokuz Eylül University, Faculty of Veterinary, Department of Preclinical Sciences, E-mail: volkan.ozavci@deu.edu.tr

---

### Abstract:

Being located at the interface of intracellular and extracellular regions of biological cells, membrane proteins (MPs) mediate many vital events including signal transduction, energy generation, selective transport of solutes etc... Because of these regulatory properties, nearly 70% of currently FDA approved drugs on the market target membrane proteins. Despite their importance, low abundance of MPs in natural resources is one of the major bottlenecks in studying their structure and functionality. Moreover, MPs have been employed in miscellaneous applications such as sensor technology, optogenetics, biomimetic separation membranes, in-vitro photosynthesis leads to an ever increasing demand for availability of MPs. Recombinant expression of MPs from heterologous expression hosts was proven to be challenging especially for mammalian MPs due to improper folding, inclusion body formation and toxic effects on host organism. Therefore, development of alternative expression host systems for functional MP expression is of critical importance. Purple non-sulphur bacteria from *Rhodobacter* genus are known for their diverse metabolic pathways and intensively studied as model organisms in photosynthesis research. Under anaerobic, photosynthetic growth mode, plasma membrane surface area of *Rhodobacter ssp* immensely increase to accommodate the photosynthetic apparatus. An order of magnitude higher membrane surface area with inducible expression vectors imparts *Rhodobacter sp* as an attractive recombinant MP expression host.

In this study, we employed codon optimized MISTIC chaperonin protein gene as N-terminal and mBanana fluorescent protein gene as C-terminal fusion partner for human AQP6 and AQP9 genes for co-expression in *Rhodobacter sp.* Cloning procedures were carried out in *E. coli* Top10 and expression vectors were transferred in *Rhodobacter* by biparental mating using *E. coli* S17  $\lambda$ -pir. Protein expression was investigated under semi-aerobic and photosynthetic growth modes using two different promoters. A significant improvement in expression titers was observed with MISTIC fusions as monitored by SDS-PAGE.

**Keywords:** membrane proteins, *Rhodobacter*, MISTIC fusion, recombinant gene expression

---

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Transformer Bazlı GAN ile Duygu Analizi

(Narmin Yagubbayli, Mert Bal)

## Transformer Bazlı GAN ile Duygu Analizi

Narmin Yagubbayli<sup>1</sup>, Dr. Öğr. Üyesi Mert Bal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, E-mail: narmin.akhundova@std.yildiz.edu.tr

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, E-mail: mertbal@yildiz.edu.tr

---

### Özet:

Yüz ifadeleri insanların için duygularını iletmek bir yoldur, her biri yoğunluğu, nüansı ve belirsizliği açısından benzersizdir. Yüz ifadelerinin insan duygularının sözlü olmayan iletişiminde önemli bir öge olduğu açıktır. Deneyimlenen duygu ile ilgili ifade arasındaki bağlantı karmaşıktır ve henüz tam olarak anlaşılabilir değildir. Farklı duygular bazen aynı ifadeyi bile yaratabilirler, çünkü yüz kaslarının hareketleriyle ifade edilirler. Bu, insan duygularını anlamadaki birçok sorunun yalnızca başlangıcıdır. Duygu analizi konusunda birçok çalışma yapılmıştır, her biri farklı teknikler, algoritmalar ve yöntemler kullanmıştır.

Son yıllarda, transformer modeli, derin öğrenme ve derin sinir ağlarındaki ilerlemelerin ana vurgularından biri haline geldi. 2017'deki ilk çıkışından sonra transformer mimarisi gelişti ve farklı varyasyonları ortaya çıktı. Genellikle doğal dil işlemede başarılı sonuçlar vererek yaygınlaşmaya başlasa da sonradan farklı alanlarda kullanılmaya başlandı. Transformerlar dikkat kavramına dayalı bir makine öğrenimi modelidir. Bu çalışmada Transformer'ların nesne algılama üzerindeki başarısının yüz ifadelerinin sınıflandırılmasına etkisi analiz edilmiştir. Farklı transformer modellerinin çeşitli sonuçlar verebileceğini göz önünde bulundurarak analizler iki transformer modeli üzerinde yapılmıştır.

Daha önceki çalışmalarda GAN (Generative Adversarial Network) modeli kullanılarak yüz ifadeleri tespitindeki başarıları ele alınmıştır. GAN modeli iki yapay sinir ağından oluşur: bir üretici ve bir ayırt edici. Önceki çalışmalarda GAN modelinin üretici bölümünde evrimsel sinir ağları (CNN) kullanılarak yüz ifadelerinin sınıflandırılmasındaki başarıları ele alınmıştır.

Bu çalışmada ise üretici bölümünde CNN modülü yerine Transformer kullanarak yeni model, yani Transformer bazlı GAN oluşturulmuştur. Çalışmanın ana odak noktası görsellerdeki insan duygularının değiştirilmesinde Transformer bazlı üretici modülünün başarısını ölçmektir. Geliştirilen GAN modelinde yüz ifadelerinin sınıflandırılması için Vision Transformer (ViT) kullanılmış, CNN le karşılaştırıldığında AffectNet veri seti üzerinde daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak Transformerların dikkat mekanizması değerlerini görselleştirerek modelin duygu sınıflandırması için karar aşamasında girdideki odak noktaları görselleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Duygu analizi, Vision Transformer, AffectNet, GAN modeli, yüz ifadeleri.

---

insoc



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

### **Development of An Electro-Mechanical Device For The Mechanical Stimulation of Cells *In-vitro***

(Niloufar Boustanabadimaralan Düz, Mustafa Ensar Yay, Selman Şahin, Waleed Jahad  
Mohammad, Yasin Gülsüm, Samet Akar, İsmail Uyanık, Pervin Dinçer)

## Development of An Electro-Mechanical Device For The Mechanical Stimulation of Cells *In-vitro*

Niloufar Boustanabadimaralan Düz<sup>1</sup>, Mustafa Ensar Yay<sup>3</sup>, Selman Şahin<sup>3</sup>, Waleed Jahad Mohammad<sup>2</sup>, Yasin Gülsüm<sup>2</sup>, Samet Akar<sup>2</sup>, İsmail Uyanık<sup>3</sup>, Pervin Dinçer<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hacettepe University, Department of Medical Biology, Ankara, Turkey,

E-mail: niluferduz@hacettepe.edu.tr, pdincer@hacettepe.edu.tr

<sup>2</sup>Çankaya University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Ankara, Türkiye,

E-mail: samet.akar@cankaya.edu.tr

<sup>3</sup>Hacettepe University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Ankara, Turkey, E-mail: uyanik@ee.hacettepe.edu.tr

---

**Özet:** Mechanical stimuli, including the stretch, shear stress and pressure, modulate extracellular functions by activating mechanotransduction pathways, and gene and protein expressions. As a result of mechanoreponse, phenotype or function of a cell can alter. Mechanical signal transduction is crucial for cell growth, development, differentiation, interaction with other cells. Besides, the transduction of mechanical force into biochemical signals plays an important role in homeostasis of tissues such as skeletal muscle, cardiac muscle, bone, cartilage, and vessels. Any defect at mechanotransduction often leads to pathology in organism homeostasis.

In this present study, a membrane based cell stretching device has been designed to apply uniaxial or biaxial mechanical stress on cells by sinusoidally-varying stretch of different magnitudes (5–20%), frequencies (0.2–2 Hz), and patterns. The cells are subjected to the mechanical strain in a controlled and homogeneous manner. The device provides real-time data collection. Computer-aided software was used in the mechanical design of the electro-mechanical cell stretching device and a preliminary prototype was produced using machining methods.

As a result, this device has rendered examination of the effects of mechanical strain on cells possible. It, with its potential to be used in many cell types and tissues, will provide researchers opportunities for understanding the pathophysiology of the diseases, explaining the regeneration pathways associated with tissue damage and finding effective drugs.

**Anahtar Kelimeler:** *mechaotransduction, mechanobiology, cell stretching*

---

insoc



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

**Sintine Atıksularının Ön Arıtımında Çözünmüş Hava Flotasyonunun  
Yağ-Gres ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderimine Etkisi**

(Nurullah Özdoğan, Murat Eyvaz, Ahmed Albahnasawi, Muhsin Kürşad Yazıcı, Havva Ağır,  
Ercan Gürbulak, Ebubekir Yüksel)

## Sintine Atıksularının Ön Arıtımında Çözünmüş Hava Flotasyonunun Yağ-Gres ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı Giderimine Etkisi

Nurullah Özdoğan<sup>1</sup>, Murat Eyvaz<sup>2</sup>, Ahmed Albahasawi<sup>2</sup>, Muhsin Kürşad Yazıcı<sup>2</sup>, Havva Ağır<sup>2</sup>, Ercan Gürbulak<sup>2</sup>, Ebubekir Yüksel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye,  
E-posta: 511804005@ogr.uludag.edu.tr

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye,  
E-posta: meyvaz@gtu.edu.tr

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye,  
E-posta: albahnasawi@gtu.edu.tr

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye, E-posta:  
m.yazici2020@gtu.edu.tr

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye,  
E-posta: h.agir2020@gtu.edu.tr

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye,  
E-posta: egurbulak@gtu.edu.tr

<sup>2</sup>Gebze Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye,  
E-posta: yuksel@gtu.edu.tr

**Özet:** Günümüzde dünya ticaretinin% 90'ı deniz yoluyla sağlanmakta ve bu taşınım sırasında gemilerin iç kısımlarında oluşan atıkların salınımı nedeniyle deniz kirliliği büyük bir sorun haline gelmektedir. Gemi atıkları yüksek oranda yağ ve hidrokarbon içeren petrol ve petrol türevli ürünleri içermektedir. Atık içeriğindeki toksik bileşikler hem sucul yaşamı olumsuz etkilemekte hem de besin zincirine karışarak insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Gemi kaynaklı deniz kirliliğini önlemek amacıyla düzenlenen uluslararası anlaşmalar çerçevesinde limanlarda atık kabul tesisleri kurma zorunluluğu bulunmaktadır. Bu tesislerde ikincil deniz kirliliği oluşturmayacak şekilde gemi atıkları toplanmakta ve kontrollü bir şekilde elleçlenmektedir. Gemilerden çıkan atıkların çoğu, yağ ve su karışımları içeren emülsiyonlardır. Liman atık kabul tesislerinde emülsiyonların yönetiminde temel amaç, yağ ve suyu birbirinden ayırmaktır. Atık yağdan serbest su uzaklaştırıldıktan sonra atıksu, tesis içerisindeki atıksu arıtma tesisinde sırasıyla askıdaki yağ içeriğinin uzaklaştırılması, yumaklaştırma, nötralizasyon, ve durultma adımlarından geçirilmekte ve deşarj kriterlerine uygun şekilde arıtılarak alıcı atık su ortamına gönderilmektedir. Ancak, arıtma girişindeki atıksu içeriğindeki salınımlar nedeniyle bazı durumlarda (solvent içerikli yıkama sular) çıkış deşarj kriterleri aşılmaktadır. İşletme süresince deşarj kriterlerinin sağlanması için, tesis atıksu arıtma ünitelerinin başlangıcına çözünmüş hava flotasyonu (DAF) sistemi kurulmuştur. Bu çalışmada DAF ünitesinin giriş ve çıkışından numune alınarak deşarj kriterlerinin ana parametreleri olan yağ-gres ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) parametrelerinin giderilmesi değerlendirilmiştir. DAF ünitesine gelen sintine suyunun karakteristiğine bağlı olarak, yağ-gres gideriminde %85; KOİ gideriminde ise %96'ya varan verimler elde edilmiştir. Böylelikle, DAF ünitesinin, arıtma tesisinin kirlilik yükünü azalttığı, deşarj kriterlerini sağlamada yardımcı olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** sintine atıksuları, liman atık kabul tesisleri, çözünmüş hava flotasyonu, yağ-gres, kimyasal oksijen ihtiyacı

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

An Overview on Improvement of the Efficiency of Solar Panel  
Glasses

(Oğuzhan Evcin, İkbal Yaren Polat, Ufuk Durdu)

## An Overview on Improvement of the Efficiency of Solar Panel Glasses

Oğuzhan Evcin<sup>\*1,2</sup>, İkbal Yaren Polat<sup>1,3</sup>, Ufuk Durdu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Design and Research & Development Center, Çağdaş Cam San. ve Tic. A.Ş., Kuyucak, Aydın, Türkiye,  
E-mail: ufuk.durdu@cagdascam.com.tr

<sup>2</sup>Department of Materials Science and Engineering, Institute of Natural and Applied Sciences, University of Afyon Kocatepe, Afyonkarahisar, Türkiye

E-mail: oguzevcin@gmail.com, oguzhan.evcin@cagdascam.com.tr

<sup>3</sup>Department of Nanoscience and Nanotechnology, Institute of Natural and Applied Sciences, University of Afyon Kocatepe, Afyonkarahisar, Türkiye,  
E-mail: ikbalyarenpolat@gmail.com

---

**Abstract:** Solar panels are devices that convert sunlight into electricity. The efficiency and performance of solar panels depend on several factors, including the quality and design of the panel's glass cover. In recent years, advances in glass technology have led to the development of specialized glasses that enhance the efficiency and durability of solar panels.

This article provides an overview of the different types of glass used in solar panels, including tempered glass, anti-reflective glass, self-cleaning glass, and anti-fogging glass. It discusses how each type of glass works to improve the performance and longevity of solar panels, and how these glass technologies are constantly evolving and improving.

Overall, the article highlights the importance of glass technology in the development of efficient and durable solar panels, and how ongoing research and innovation in this field are essential for the continued growth of the solar industry.

**Keywords:** Solar panels efficiency, solar glasses, glass technology.

---

### 1. Introduction

Solar energy is a clean, renewable and unlimited source of energy. Solar energy is more environmentally friendly and more economical in the long run compared to fossil fuels. Solar panels are used to convert solar energy into electrical energy. Solar panels consist of a series of cells, usually made of silicon crystals, and these cells generate electrical energy when exposed to sunlight. Solar panel glasses are an important component that protects the solar cells and also allows the sun's rays to enter the panel. However, solar panel glasses may cause some energy loss due to the reflection of the sun's rays from the glass surface. Therefore, different technologies have been developed to increase efficiency by reducing reflectivity and increasing absorption of solar panel glasses. In addition, properties such as water resistance and durability of coatings applied to solar panel glasses can also affect efficiency.

Of course, solar energy has quickly become popular as an environmentally friendly energy source in recent years. Therefore, the efficiency of solar panels is becoming more and more important with the increasing demand for renewable energy sources. Solar panel glasses are one of the main components of solar panels and have a significant impact on the efficiency of the panel.

For this reason, research and development continues to increase the efficiency of solar panel glasses. These studies can help make solar panels more efficient and environmentally friendly. Therefore, research on the design and materials of solar panel glasses is important as it has great potential in the solar industry.

This article examines the different technologies and methods used to increase the efficiency of solar panel glasses, focusing on the different factors that affect the efficiency of solar panel glasses. The article aims to be a resource for researchers and industry experts working on solar panel glass.

In this article, we will examine the different technologies used to increase the efficiency of solar panel glasses. We will also consider the effect of humidity on the efficiency of solar panel glasses.

## **2. Solar Panel Glasses and Efficiency**

Solar glass is a type of glass that is designed to absorb and convert solar energy into electricity [1]. It is made by coating traditional glass with thin layers of transparent conductive oxide and photovoltaic material [2]. This technology allows buildings to generate their own electricity by integrating solar panels into the building's windows, thus reducing the need for traditional solar panels [1].

One of the key factors that affect the efficiency of solar glass is its ability to convert solar radiation into electricity. The efficiency of solar glass is measured by the amount of sunlight it can convert into electricity, which is known as the power conversion efficiency (PCE) [2]. The higher the PCE, the more electricity can be generated from a given area of solar glass.

According to recent research, the efficiency of solar glass has been steadily increasing over the years. In 2020, researchers at the University of Michigan reported that they had developed a new type of solar glass that had a PCE of 8.1%, which is a significant improvement over previous iterations [3]. This increase in efficiency was achieved by using a new material that was more effective at capturing sunlight and converting it into electricity.

Another factor that can impact the efficiency of solar glass is its transparency. In order to be effective, solar glass must be transparent enough to allow sunlight to pass through, while also being opaque enough to capture and convert the solar radiation into electricity [1]. Achieving this balance can be challenging, but recent advancements in material science have made it possible to create solar glass that is both highly efficient and transparent [2].

In conclusion, solar glass is a promising technology that has the potential to revolutionize the way we generate electricity. As its efficiency continues to improve, it is likely that we will see an increasing number of buildings incorporating solar glass into their design. With the potential to reduce our reliance on traditional energy sources, solar glass could play a key role in the transition to a more sustainable future.

### **3. Factors Affecting the Efficiency of Solar Panel Glasses**

#### **3.1. Glass Quality**

The quality of the glass used in solar panel glasses is a critical factor affecting the efficiency of the panels. Glass should be transparent, durable and able to withstand environmental conditions such as temperature and humidity. The use of low quality glass can cause the efficiency of the panels to decrease [4]. The thickness of the glass used in the panel can also affect the efficiency of the panel. Thicker glass can absorb more light, which can reduce the efficiency of the panel. Therefore, it is important to choose the right glass thickness for solar panel glasses [5].

A study by Ye et al. [6] investigated the effect of glass surface roughness on the efficiency of solar panel glasses. The study found that rougher surfaces increase the efficiency of the panels due to better light retention and better light absorption. The study suggested that future research should focus on optimizing the surface roughness of the glass to further improve the efficiency of solar panel glasses.

#### **3.2. Type of Photovoltaic Material**

The type of photovoltaic material used in solar panel glasses is also an important factor affecting the efficiency of the panels. There are several types of photovoltaic materials such as silicon, cadmium tellurium, copper indium gallium selenide, and organic photovoltaics. Silicon is the most widely used material in solar panel glass due to its high efficiency and low cost [7]. However, the efficiency of silicon-based solar panel glasses can be improved using advanced manufacturing techniques such as passivation, texturing, and surface engineering [8].

Cadmium telluride is another material commonly used in solar panel glasses due to its high efficiency. However, cadmium is a toxic substance that limits its widespread use. A study by DO Scanlon et al. [9] investigated the use of non-toxic zinc oxide as an alternative to cadmium telluride in solar panel glasses. The study found that the use of zinc oxide resulted in efficiencies comparable to cadmium telluride, while also being non-toxic and cost-effective.

#### **3.3. Panel Design**

The design of the panel can also affect the efficiency of the panel. The panel design should be optimized to maximize the absorption of sunlight and minimize the reflection of sunlight. The use of anti-reflective coatings can help reduce the reflection of sunlight and increase the efficiency of the panel [10]. The use of concentrator photovoltaic technology can also increase the efficiency of solar panel glasses by concentrating sunlight on a small area of the panel [11].

A study by A. Kumar et al. [12] explored the use of a hybrid approach combining a bi-surface solar panel design with a concentrator photovoltaic technology. The study found that using a hybrid approach led to significant improvements in the efficiency of solar panel glasses.

### **3.4. Environmental Conditions**

Environmental conditions such as temperature and humidity can also affect the efficiency of solar panel glasses. As the temperature increases, the efficiency of the panel decreases. For this reason, it is important to keep the panel temperature at optimum levels in order to increase the efficiency of solar panel glasses [13]. The use of cooling systems such as heat sinks and fans can help keep the panel temperature at optimum levels [14]. Humidity can also affect the efficiency of solar panel glasses, high humidity causes the efficiency of the panel to decrease. Therefore, it is important to protect the panel from high humidity [15].

And also it is natural for solar panel glasses to accumulate dust from the outside environment. In many previous studies, the effects of accumulated dust on the performance of Solar panels have been investigated. When the studies on this subject are examined, it has been determined that the dust accumulated on the surface of the panel can reduce the efficiency of the system by up to 50%.

## **4. Approaches for Improving the Efficiency of Solar Panel Glasses**

### **4.1. New Materials**

One approach to improving the efficiency of solar panel glasses is the development of new materials with enhanced optical and electrical properties. Several materials have been proposed for this purpose, including perovskite materials, carbon nanotubes, graphene, and metal-organic frameworks (MOFs). Perovskite materials are a type of hybrid organic-inorganic material with excellent optical and electrical properties [16]. Perovskite materials have been shown to exhibit high light absorption and conversion efficiency when used as the active layer in solar cells [17]. The use of perovskite materials in solar panel glasses could potentially improve their efficiency by increasing the amount of solar energy that is absorbed and converted into electricity.

Carbon nanotubes and graphene are two other materials that have been proposed for use in solar panel glasses. Carbon nanotubes are known for their excellent electrical conductivity, high thermal conductivity, and strong mechanical properties [18]. Graphene, on the other hand, is a single layer of graphite with unique optical and electrical properties [19]. Both carbon nanotubes and graphene have been proposed for use as transparent conductive coatings on solar panel glasses to improve their electrical conductivity and optical properties [20].

Metal-organic frameworks (MOFs) are a type of porous material with high surface area and tunable chemical and physical properties [21]. MOFs have been proposed for use as the active layer in solar cells due to their high charge separation efficiency and tunable optical properties [22]. The use of MOFs in solar panel glasses could potentially improve their efficiency by increasing the amount of solar energy that is absorbed and converted into electricity.

### **4.2. Advanced Coatings**

Another approach to improving the efficiency of solar panel glasses is the use of advanced coatings. These coatings can be designed to selectively reflect or absorb certain wavelengths of solar radiation, allowing for more efficient harvesting of solar energy. Additionally, coatings

that can self-clean or repel dust and dirt could help to improve the performance of solar panel glasses over time.

One type of advanced coating that has been proposed for use on solar panel glasses is the anti-reflective coating. Anti-reflective coatings are designed to reduce the amount of light that is reflected back from the surface of the glass, thereby increasing the amount of light that is transmitted into the solar cells [23]. Another type of coating that has been proposed for use on solar panel glasses is the selective coating. Selective coatings are designed to absorb certain wavelengths of solar radiation while reflecting others, allowing for more efficient harvesting of solar energy [24]. Additionally, self-cleaning coatings that use superhydrophobic materials have been developed to reduce the accumulation of dust and dirt on the surface of solar panel glasses [25].

### **4.3. Optimization of Glass Thickness and Angle of Incidence**

The efficiency of solar panel glasses can also be improved by optimizing their thickness and angle of incidence. The thickness of the glass can affect the amount of light that is absorbed and transmitted by the solar cells. Thicker glasses can absorb more light, but they can also reduce the amount of light that is transmitted to the solar cells [26]. Optimizing the thickness of the glass can help to balance these factors and improve the efficiency of solar panel glasses.

The angle of incidence of the solar radiation can also affect the efficiency of solar panel glasses. The angle of incidence is the angle between the incoming solar radiation and the normal to the surface of the glass. Solar panel glasses are typically installed at an angle to maximize the amount of solar radiation that is incident upon them. However, changes in the angle of incidence throughout the day and across the seasons can affect the efficiency of solar panel glasses. The use of tracking systems that adjust the angle of incidence of the solar radiation can help to improve the efficiency of solar panel glasses [27].

### **4.4. Technological Advances in Solar Panel Manufacturing**

The manufacturing process plays a crucial role in the efficiency and cost of solar panels. Technological advances in solar panel manufacturing have led to significant improvements in efficiency and cost reduction. For instance, the use of screen printing technology for the fabrication of silicon solar cells has enabled high-volume production at low cost [28]. Another technological advancement is the use of laser processing for the fabrication of thin-film solar cells, which allows for precise control of the material properties and reduces material waste [29].

Moreover, 3D printing technology has the potential to revolutionize solar panel manufacturing by enabling the production of customized and complex shapes, reducing material waste, and lowering the cost of production [30]. Research is ongoing to explore the use of 3D printing technology for the fabrication of solar panels.

Aside from the established solar panel technologies, there are emerging technologies that offer potential for higher efficiency and lower cost. One such technology is organic solar cells, which use organic materials instead of inorganic materials like silicon. Organic solar cells have the

advantage of being flexible, lightweight, and printable, making them suitable for various applications. However, organic solar cells currently have lower efficiency compared to inorganic solar cells and are less stable. Research is ongoing to improve the efficiency and stability of organic solar cells [31].

Another emerging technology is perovskite-silicon tandem solar cells, which combine the high efficiency of perovskite solar cells with the stability of silicon solar cells. Perovskite-silicon tandem solar cells have shown efficiencies of over 29%, surpassing the efficiency of individual perovskite and silicon solar cells. However, challenges remain in scaling up the production and ensuring the long-term stability of perovskite-silicon tandem solar cells [32].

## **5. Environmental Impact of Solar Panel Efficiency Improvement**

Improving the efficiency of solar panels has the potential to significantly reduce the environmental impact of solar energy generation. Higher efficiency means that fewer solar panels are needed to generate the same amount of electricity, reducing the land use and material consumption of solar energy systems. Moreover, higher efficiency means that less energy is required to produce and transport solar panels, reducing the carbon footprint of solar energy systems.

However, the production of solar panels and their end-of-life disposal can still have environmental impacts, such as the emission of greenhouse gases during manufacturing and the accumulation of toxic waste in landfills. It is important to consider the environmental impact of solar panel production and disposal in the pursuit of higher efficiency and to develop sustainable practices for the production and disposal of solar panels.

## **6. Challenges and Future Directions**

While the efficiency of solar panel glasses has improved significantly in recent years, there are still challenges that need to be addressed to enable the widespread adoption of solar energy. In this section, we will discuss some of these challenges and future directions for improving the efficiency of solar panel glasses.

One challenge is the cost of manufacturing and installing solar panels. While the cost of solar panels has decreased significantly in recent years, it is still higher than traditional fossil fuel energy sources. Further research is needed to develop cost-effective manufacturing processes and installation techniques for solar panels.

Another challenge is the limited availability of raw materials for solar panels. Some materials used in solar panels, such as indium and tellurium, are rare and expensive. Research is needed to develop alternative materials that are abundant and cost-effective.

Future directions for improving the efficiency of solar panel glasses include the development of new materials, such as perovskite materials and quantum dots, and the optimization of manufacturing processes, such as 3D printing and screen printing [33,34]. Additionally, advancements in energy storage technology, such as batteries and capacitors, will be critical to enable the widespread adoption of solar energy.

## 7. Discussion

The approaches discussed above offer promising solutions for improving the efficiency of solar panel glasses. However, each approach has its own set of challenges and limitations. For example, the use of new materials such as perovskites and MOFs requires further research to determine their long-term stability and performance under varying environmental conditions [35]. Additionally, the high cost of these materials may limit their commercial viability.

The use of advanced coatings offers a more practical solution for improving the efficiency of solar panel glasses. Anti-reflective and selective coatings have been shown to be effective in increasing the amount of solar energy that is absorbed and transmitted by solar panel glasses [36]. Additionally, the development of self-cleaning coatings could help to reduce the maintenance costs associated with solar panel glasses.

Optimizing the thickness and angle of incidence of solar panel glasses is a simple yet effective approach for improving their efficiency. However, this approach may not be suitable for all situations, such as in urban environments where there may be limited space for solar panel installations. The use of tracking systems that adjust the angle of incidence of solar radiation offers a more flexible solution for maximizing the efficiency of solar panel glasses in varying environmental conditions.

## 8. Conclusion

The efficiency of solar panel glasses is a critical factor that affects the performance of solar power systems. Researchers have proposed several approaches for improving the efficiency of solar panel glasses, including the development of new materials, the use of advanced coatings, and the optimization of the thickness and angle of incidence of the glass. While each approach offers promising solutions, they also have their own set of challenges and limitations. Further research is needed to determine the long-term stability and performance of these approaches under varying environmental conditions. Nonetheless, the development of more efficient solar panel glasses could help to accelerate the adoption of solar energy and reduce our reliance on fossil fuels.

## References

- [1] SolarGlass.com. (n.d.). What is solar glass? Retrieved from <https://solarglass.com/what-is-solar-glass/>
- [2] Zhang, Q., & Xuan, Y. (2021). Solar Glass: A Review of Materials, Manufacturing, and Applications. *Solar RRL*, 5(2), 2000582. doi: 10.1002/solr.202000582
- [3] University of Michigan. (2020, December 1). New Solar Cell Generates Electricity from the Energy of Falling Snow. *ScienceDaily*. Retrieved March 1, 2023, from <https://www.sciencedaily.com/releases/2020/12/201201112303.htm>
- [4] H. Kim, D. Kim, and K. Kim, "A Review on Glass Substrates for Thin-Film Solar Cells," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 1162-1170, 2016.

- [5] T. L. Andersen, S. Dubey, and E. D. Kosten, "Review of Glass Substrates for Flexible Electronic Devices," *Journal of Materials Science*, vol. 51, no. 11, pp. 5101-5118, 2016.
- [6] P. L. Ye, Y. Wang, and Y. N. Wang, "Effect of Surface Roughness of Glass on the Efficiency of Solar Cells," *Applied Physics A*, vol. 125, no. 6, pp. 430-435, 2019.
- [7] S. A. Haque, "Review of Silicon Solar Cells," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 15, no. 6, pp. 3176-3180, 2011.
- [8] T. F. C. S. Brandão, L. E. V. Rodrigues, and C. M. R. Remédios, "Passivation of Silicon Surfaces for Solar Cells: A Review," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 166, pp. 72-84, 2017.
- [9] D. O. Scanlon, C. P. E. Saunders, and P. J. R. King, "Zinc Oxide As A Cadmium-Free Alternative To Cdte-Based Solar Cells: A Review," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 143, pp. 283-296, 2015.
- [10] M. J. Morrell and M. W. Rowsell, "Review of Optical Coatings for Solar Applications," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 68, no. 1, pp. 1-27, 2001.
- [11] M. Okuno and T. Hiramatsu, "Design and Application of a Concentrator Photovoltaic System," *Solar Energy Materials and Solar Cells*, vol. 95, no. 8, pp. 2368-2373, 2011.
- [12] A. Kumar, J. J. Mangrulkar, and S. J. Dhoble, "Design and Optimization of Hybrid Bifacial Solar Panel," *Solar Energy*, vol. 185, pp. 498-508, 2019.
- [13] B. P. Gupta and V. Kumar, "Review on Thermal Management of Photovoltaic Panels Using Phase Change Materials," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 71, pp. 12-27, 2017.
- [14] K. D. Kirsner, S. G. Bushnell, and M. J. Lehto, "Cooling of Solar Cells Using Heat Sinks and Fans," *Journal of Electronic Packaging*, vol. 129, no. 2, pp. 179-183, 2007.
- [15] Y. Kim, K. Lim, and J. H. Lee, "Effects of Humidity on The Performance of Dye-Sensitized Solar Cells," *Journal of the Korean Physical Society*, vol. 59, no. 1, pp. 200-204, 2011.
- [16] Chen, C., Zhao, Y., Yao, J. (2020). Recent Advances in Perovskite Solar Cells: Materials, Device Structures, and Stability. *Sol. RRL*, 4(11), 2000379.
- [17] Kojima, A., Teshima, K., Shirai, Y., & Miyasaka, T. (2009). Organometal Halide Perovskites as Visible-Light Sensitizers for Photovoltaic Cells. *Journal of the American Chemical Society*, 131(17), 6050-6051.
- [18] Yella, A., Lee, H. W., Tsao, H. N., Yi, C., Chandiran, A. K., Nazeeruddin, M. K., & Grätzel, M. (2011). Porphyrin-Sensitized Solar Cells with Cobalt (II/III)-Based Redox Electrolyte Exceed 12 Percent Efficiency. *Science*, 334(6056), 629-634.

- [19] Chen, Z., Shi, J., Zhang, B., Liu, Y., Xie, H., Yang, X., & Hao, Y. (2021). Metal-Organic Frameworks (Mofs) for Solar Energy Conversion: Recent Progress and Future Prospects. *Energy & Environmental Science*, 14(1), 135-167.
- [20] Kong, Q., Wang, S., Lin, Z., Li, W., & Chen, H. (2021). An Overview of Metal-Organic Frameworks for Solar Energy Conversion And Storage. *Journal of Materials Chemistry A*, 9(8), 4572-4588.
- [21] Kaniyoor, A., Ramakrishna, S., & Gopalakrishnan, K. (2010). Graphene: A Versatile Platform for Nanocomposite Coatings. *Materials Chemistry and Physics*, 125(3), 526-531.
- [22] Wu, J., Liu, J., Wen, X., & Wang, S. (2020). Solar Cell Technologies Based on Graphene and Graphene-Based Materials: A review. *Nanomaterials*, 10(4), 678.
- [23] Nair, R. R., Blake, P., Grigorenko, A. N., Novoselov, K. S., Booth, T. J., Stauber, T., & Geim, A. K. (2008). Fine Structure Constant Defines Visual Transparency of Graphene. *Science*, 320(5881), 1308.
- [24] Tufeu, R., Ramana, C. V., & Gicquel, A. (2011). Improving The Efficiency of Solar Cells by Using Selective Coatings: An overview. *Energy Procedia*, 10, 101-106.
- [25] Liu, J., Zhu, Y., Zou, C., Hu, J., & Wang, S. (2019). Superhydrophobic Self-Cleaning Coatings for Photovoltaic Solar Cells: A review. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 198, 100-116.
- [26] Skoczek, A., & Rekstad, J. (2004). Influence of Cover Glass Thickness on the Performance of Photovoltaic Modules. *Progress in Photovoltaics: Research and Applications*, 12(2-3), 105-111.
- [27] Hu, W., Zhu, X., Cai, Y., & Liu, X. (2021). A Review on Tracking Systems for Solar Energy Harvesting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 136, 110412.
- [28] Zhang, X., Zhao, J., & Green, M. A. (2017). Screen Printing for the Fabrication of Silicon Solar Cells: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 828-836.
- [29] Kim, D., Lee, H., Lee, D., Shin, D., Lee, H., Lee, J. K., & Kim, J. (2017). Laser Processing Technology for High-Efficiency Thin-Film Silicon Solar Cells. *Applied Physics Reviews*, 4(2), 021101.
- [30] Babu, P. D., & Kim, J. K. (2020). 3D Printing Technology for Solar Energy Applications: A Review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 134, 110337.
- [31] Wang, J., Li, Y., Zhang, J., Sun, Z., & Xie, H. (2020). A Review on Emerging Organic Solar Cells. *Journal of Materials Chemistry A*, 8(21), 10599-10616.

- [32] Tong, X., Jia, H., Chen, T., Zhang, L., Ma, F., & Yang, X. (2021). Progress in Perovskite-Silicon Tandem Solar Cells: Efficiency, Stability, and Practicality. *Advanced Materials*, 33(3), 2002574.
- [49] Ahmad, W., Sahir, M. H., & Murtaza, G. (2018). Improving The Efficiency of Photovoltaic Cells Using Nano-Materials: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 372-387.
- [33] Adesina, A. Y., & Murthy, K. S. R. (2019). Performance Improvement of Solar Photovoltaic Modules With Bifacial Solar Cells: A review. *Solar Energy*, 188, 1307-1322.
- [34] Ahmad, W., Sahir, M. H., & Murtaza, G. (2018). Improving The Efficiency Of Photovoltaic Cells Using Nano-Materials: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 372-387.
- [35] Li, Y., Li, H., Li, Y., Li, X., Li, Z., Li, Y., & Li, Y. (2021). Perovskite Solar Cells: From Materials To Devices. *Materials Today Energy*, 20, 100713.
- [36] Kato, K., Ishizaki, T., Ikeda, M., Yamada, T., & Ochiai, S. (2016). Improvement in Light Conversion Efficiency Of A-Si/C-Si Heterojunction Solar Cells Using Anti-Reflection Coating. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 144, 172-177.

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Tekstil Kusur Tespiti için Derin Öğrenme Uygulaması

(Okan Güder, Şahin Işık, Yıldırım Anagün)

## Tekstil Kusur Tespiti için Derin Öğrenme Uygulaması

Okan Güder<sup>1</sup>, Şahin Işık<sup>2</sup>, Yıldırım Anagün<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği,  
E-mail:okan.guder@gop.edu.tr

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği,  
E-mail:sahini@ogu.edu.tr

<sup>3</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği,  
E-mail:yanagun@ogu.edu.tr

---

**Özet:** Kumaşlar insan hayatı boyunca önemli bir yere sahip olmasından dolayı kumaşlarda oluşacak hatalar göz ardı edilmemektedir. Özellikle tekstil sektöründe bu durum önemli bir faktördür. Günümüzde sanayileşmenin gelişmesiyle birlikte kumaşlarda bulunan hataların tespiti ve sınıflandırılması, insan gözü ile tespit yerine bilgisayar tabanlı tespite dönüşmüştür. Bilgisayar ile yüksek doğruluk oranında kusur tespiti veri sayısı ile doğru orantılıdır. Ancak yapılan çalışmalarda veri setleri kısıtlı sayıdadır. Bu nedenden dolayı çalışmamızda, özgün ve veri miktarı yüksek bir veri seti toplanması amaçlanmıştır. Veri toplama aşaması, 2021-2022 yılları arasında çeşitli firmalardan hatalı kumaş örnekleri toplanması ile tamamlanmıştır. Çalışmada kullanılan veri seti içerisinde; tekstil makinelerinden oluşmuş kırışıklıklar, çizgiler, delikler, yağ lekeleri ve soluk kumaşlardan oluşmaktadır. Kırışıklık sınıfında 732, çizgi sınıfında 1308, delik sınıfında 1144, yağ lekeleri sınıfında 1312, soluk kumaş sınıfında 1032 veri bulunmaktadır. Veri setindeki dengesiz dağılım söz konusu olduğundan veri artırma yöntemi kullanılarak her bir sınıftaki örnek sayısı 1312'ye çıkarılmıştır. Model eğitim aşamasında veri setini %70 eğitim, %20 doğrulama ve %10 test olmak üzere üç kısma ayrılmıştır. Veri setinde bulunan hatalı kumaşların doğru bir şekilde sınıflandırılması için ResNet-50 modeli kullanılmıştır. Çalışmada ResNet-50 modelini kullanılmasındaki amaç, derin öğrenme modelinin derinliğinin artmasıyla birlikte ortaya çıkan aşırı öğrenme sorununu çözmektir. Bununla birlikte modeldeki ağırlık güncellemelerini gerçekleştirmek için Adam optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Çalışma sonunda ResNet-50 modeli ile %97.73 yüksek doğruluk elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tekstil Hataları, ResNet-50, Evrişimli Sinir Ağı, Kumaş Hataları

---



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Application of Support Vector Machine Based on Least Square with  
Particle Swarm Optimization and Variational Mode Decomposition  
for Modeling of ERA 5-Based Solar Radiation Data

(Okan Mert Katipoğlu, Metin Sarıgöl)

# Application of Support Vector Machine Based on Least Square with Particle Swarm Optimization and Variational Mode Decomposition for Modeling of ERA 5-Based Solar Radiation Data

Okan Mert Katipoğlu<sup>1</sup>, Metin Sarıgöl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Engineering and Architecture,  
Department of Civil Engineering, Erzincan

<sup>2</sup>Erzincan Uzumlu Vocational School, Erzincan Binali Yıldırım University, Design Department, Erzincan  
Corresponding author: E-mail: okatipoglu@erzincan.edu.tr,

<sup>1</sup>Orcid ID: 0000-0001-6421-6087; <sup>2</sup>Orcid ID 0000-0002-6190-1684

---

## Abstract

Solar radiation forecasting is of great importance in generating electricity from solar panels, growing and developing crops, establishing local weather models, and making climate forecasts. In this study, the least square-support vector machine (LS-SVM) with particle swarm optimization (PSO) and variational mode decomposition (VMD) techniques was integrated for the estimation of monthly solar radiation data in Hakkâri. Historical data was used to estimate solar radiation data. Delayed solar radiation data exceeding the confidence limit of the autocorrelation function were used in the setup of the model. The data was divided into 80% training and 20% testing during the modeling phase. Model performance was evaluated using scatter diagrams and statistical criteria such as correlation and error values. As a result of the study, it has been determined that the VMD-PSO-LSSVM model is more successful than the PSO-LS-SVM model. In addition, it has been revealed that the predictive power of the PSO-LS-SVM model can be increased by using the input variables allocated to the intrinsic mode function and residuals with VMD. The study outputs can help optimize the operation of solar power plants, plan irrigation and fertilization of farmers, improve the weather forecast, and increase the forecast performance of climate models.

**Keywords** Solar radiation forecasting, particle swarm optimization, variational mode decomposition, least square-support vector machine, Hakkâri

---

## 1 Introduction

Solar radiation is called the power it emits per unit area transmitted from the sun in the form of electromagnetic radiation. When evaluated in terms of the energy sector, the amount of solar radiation is an important parameter that should be taken into account when sizing and determining the performance of projects that are dependent on solar energy, such as architecture, agricultural, meteorological, and climatological models, systems used in electricity generation from the sun and natural lighting systems used in buildings (Şeker 2021, Jamei et al. 2022).

Solar radiation measurements are limited and are available at some meteorological stations due to the high cost of solar measuring equipment, installation and maintenance costs (Meenal and Selvakumar 2018). However, incomplete and erroneous solar radiation data, and short and

intermittent measurement stations bring many problems in analysis (Rahimikhoob 2010; Samadianfard et al. 2019). Therefore, many methods are used to accurately predict solar radiation, including deterministic, empirical, and artificial intelligence models (Kisi et al. 2019). Due to the many disadvantages of deterministic methods due to data, the use of artificial intelligence (AI) algorithms has become widespread. The models established with these algorithms offer faster calculation and low calculation costs with minimum inputs (Mosavi et al. 2018).

AI models have been increasingly employed in the field of hydrology in recent years, and Least Squares Support Vector Machine (LS-SVM), Artificial Neural Networks (ANN), Particle Swarm Optimization (PSO), and Variational Mode Decomposition (VMD) have wide usage areas. Deng et al. (2010) used the LS-SVM algorithm to estimate the annual and monthly average daily global solar radiation in China, and found that the LS-SVM algorithm results showed superior performance predictions. Behrang et al. (2011) researched the PSO algorithm to forecast the monthly average daily GSR in Iran and found that the results obtained with the PSO model had greater accuracy than the results obtained with statistical regression techniques. Mohandes (2012) investigated the PSO-ANN and backpropagation (ANN-BP) models to forecast the monthly mean daily Global Solar Radiation (GSR) in areas where that measurement station is not available, and determined that overall the PSO-ANN model outperformed the BP-ANN model. Fan et al. (2020) used hybrid support vector machines (SVM) with bat algorithm (SVM-BAT), (SVM-PSO) and whale optimization algorithm (SVM-WOA) to estimate daily diffuse solar radiation in air-polluted areas. They found that the SVM-BAT algorithm performed better than other models. Ali et al. (2021) researched the VMD method combined with simulated annealing and random forest (VMD-SA-RF) algorithm to forecast solar radiation. This hybrid algorithm has been found to provide reliable performance in estimating solar radiation. Ikram et al. (2022) used an enhanced version of the multiverse optimizing algorithm (IMVO) with integration of the LSSVM model to predict solar radiation and determined that this algorithm gave more accurate results than LSSVM with sine–cosine algorithm (LSSVM-CSA), LSSVM with genetic algorithm (LSSVM-GE), LSSVM with gray wolf optimization (LSSVM-GWO), and LSSVM with multiverse algorithm original version (LSSVM-MVO) algorithms. As a result of the literature research, SVM and ANN algorithms were mostly used in studies related to solar radiation (Chen et al. 2011; Ramli et al. 2015; Quej et al. 2017; Meenal and Selvakumar 2018). Solar radiation studies with hybrid models are few in the literature, but they have increased in recent years. Consequently, it was first investigated how solar radiation forecasts give results by combining LSSVM and PSO algorithms with VMD signal decomposition techniques in the literature.

The most important contribution of this research to the literature is that it shows how hybrid models perform in solar radiation estimation. Moreover, it is to determine the prediction result performances of the models obtained as a result of hybridization of LSSVM and PSO algorithms with the VMD algorithm.

## **2 Material and Method**

### **2.1 Study Data and Area**

ERA5 Reanalysis Data, which covers the years 1950-2020 used in this study, was used. ERA5 Solar radiation data were obtained from <https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!>

/dataset/reanalysis-era5-single-levels-monthly-means?tab=overview. ERA5 refers to the global climate data produced by the European Center for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF). Solar radiation data used in this study are arranged according to the average coordinates of the province of Hakkari. Figure 1 shows the geographic location of Hakkari province.



Figure 1. Location of Hakkari province

## 2.2 Machine learning models

Solar radiation forecasting algorithms which is modeled by using PSO-LSSVM and VMD-PSO-LSSVM were investigated. Historical data was used to estimate solar radiation data. Delayed solar radiation data exceeding the confidence limit of the autocorrelation function were used in the setup of the model. The data was divided into 80% training and 20% testing during the modeling phase. The general structure of the machine learning algorithm is shown in Figure 2.

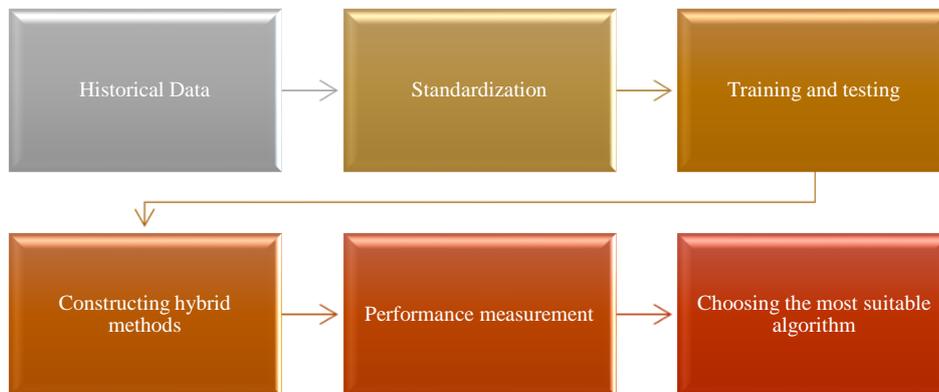


Figure 2. Flow chart for constructing ML algorithms

## 2.3 Least-Squares Support Vector Machine (LSSVM)

This machine learning model is an SVM algorithm established for regression analysis and classification problem, its main advantages are that it turns the nonlinear relationship between outputs and inputs into a linear relationship which minimizes the difference between predicted the data and the measured data (Ikram et al. 2022). It is also an algorithm with mathematical traceability, direct geometric interpretation, and high precision using Equation 1.

$$M = \sum k(x, x_i) \alpha_i + b \quad (1)$$

Here,  $b$ : bias,  $\alpha_i$ : weighting coefficient of input data,  $M$ : output data, and  $k(x)$ : non-linear mapping function (Kadkhodazadeh and Farzin, 2021). LSSVM model is represented schematically in Figure 3.

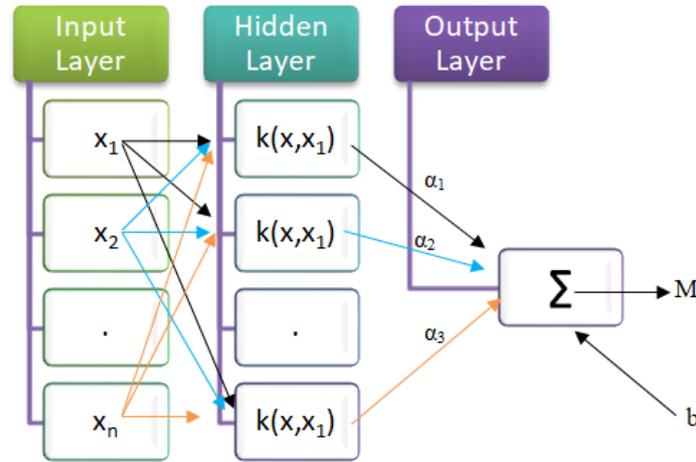


Figure 3. The schematic structure of LSSVM algorithm

#### 2.4 Particle Swarm Optimization (PSO)

This algorithm is a popular model because of its simplicity and easy applicability, and it improves their knowledge about a particular search domain (Behrang et al. 2011). This algorithm is in the form of a stochastic population-based algorithm and is a candidate solution whose motion in each  $i$  search space is governed by four vectors. Equation 2 and Equation 3 representing this are expressed below.

$$v_i = \omega v_i + c_1 \eta_1 \circ (p_i - x_i) + c_2 \eta_2 \circ (g_{best} - x_i) \quad (2)$$

$$x_i = x_i + v_i \quad (3)$$

In Equation 2 and 3,  $p_i$ : best individual solution position,  $v_i$ : velocity,  $x_i$ : position,  $c_1$ , and  $c_2$ : acceleration constants,  $\eta_1$ , and  $\eta_2$ : random vectors,  $g_{best}$ : best neighbor solution position,  $\omega$ : inertia weight,  $\circ$ : entry-wise products (Novoa-Hernández et al. 2011). PSO algorithm is represented schematically in Figure 4.

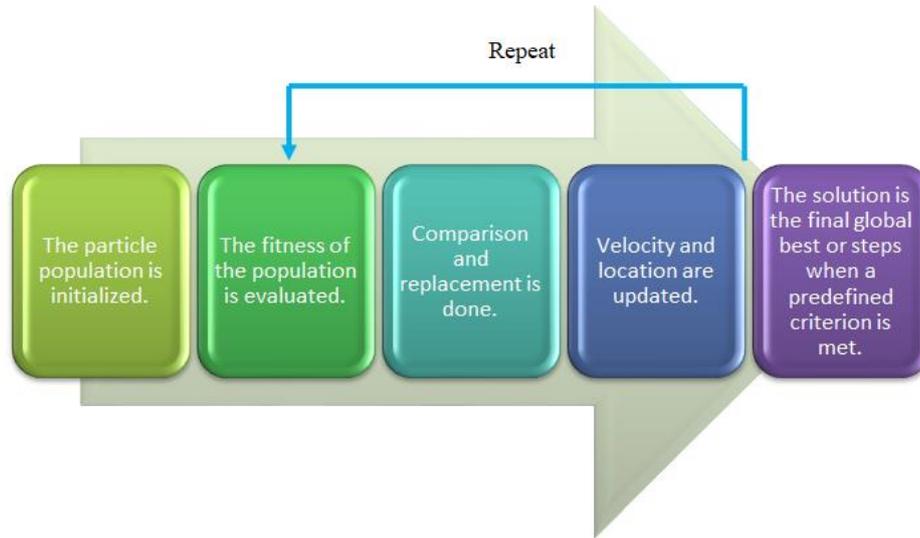


Figure 4. PSO algorithm flowchart

## 2.5 Variational Mode Decomposition (VMD)

This machine learning model non-recursively decomposes a multicomponent  $f$  signal into semi-vertical band-limited sub-signals, where each mode is compact around a center vibration. In other words, it is the latest signal processing process in which the input signal is decomposed into different band-limited intrinsic mode functions (IMF) (Huang et al. 2019; Chaitanya et al. 2021). Therefore the constrained variational problem equation can be written as:

$$\begin{cases} \min \left\{ \sum_1^K \left\| \partial t \left[ \left( \delta(t) + \frac{i}{\pi t} \right) u_k(t) \right] e^{-j\omega_k t} \right\|_2^2 \right\} \\ \{u_k\}, \{w_k\} \\ \text{s. t } \sum_{k=1}^K u_k = f \end{cases} \quad (4)$$

In this equation  $w_k$ : frequency center of each IMF,  $u_k$ : decomposed band-limited IMF and  $\{w_k\} = \{w_1, w_2, \dots, w_k\}$ ;  $\{u_k\} = \{u_1, u_2, \dots, u_k\}$  are expressed in formulas (Wang and Markert 2016).

## 2.6 Performance Measurement

Statistical analyzes were made to research the accuracy of the machine learning algorithms in this research. Therefore, mean absolute percentage error (MAPE) and correlation coefficient (R) measures are employed. For R values close to 1 indicate higher accuracy, while MAPE values close to 0 indicate good forecasting performance. Performance indicator formulas are stated as follows:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (|SR_{oi} - SR_{pi}| / SR_{oi}) \quad (5)$$

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n (SR_{oi} - SR_{om})(SR_{pi} - SR_{pm})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (SR_{oi} - SR_{om})^2 \sum_{i=1}^n (SR_{pi} - SR_{pm})^2}} \quad (6)$$

In these formulas,  $n$ : the number of prediction and observations values,  $SR_{oi}$ : observed value,  $SR_{pi}$ : predicted value,  $SR_{om}$ : average of observed value,  $SR_{pm}$ : average of predicted value.

### 3 Results and Discussion

This study integrated the LS-SVM model with PSO and VMD techniques to predict the monthly solar radiation data in Hakkâri. Historical data was used to estimate solar radiation data. Delayed solar radiation data exceeding the confidence limit of the autocorrelation function were used in the model's setup. Model performance was evaluated using scatter diagrams and statistical criteria such as correlation and error values.

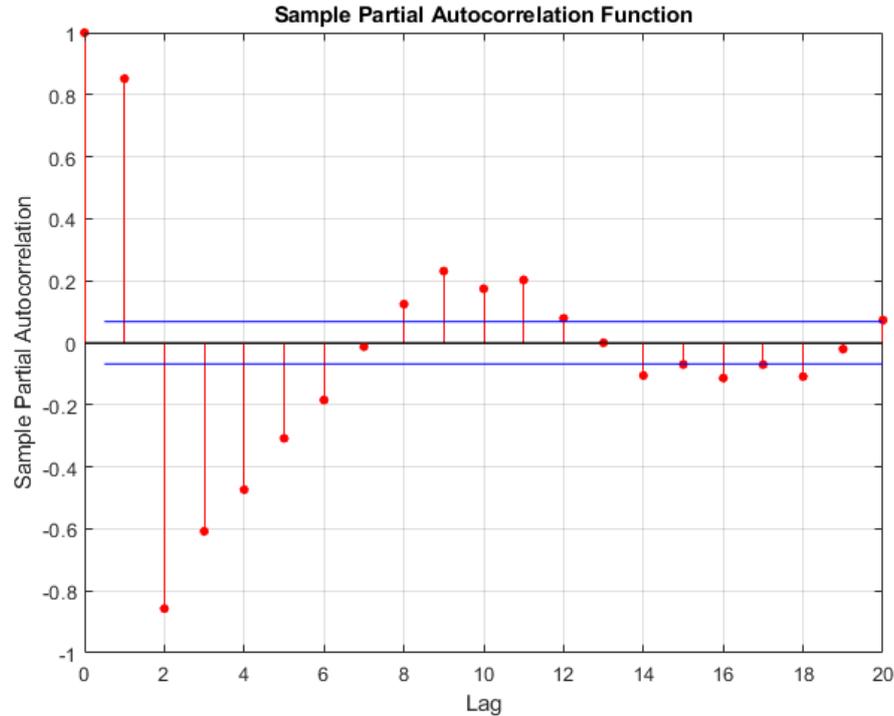


Figure 5. Sample Partial Autocorrelation Function

Figure 5 shows the solar radiation data PACF graph. Accordingly, SR values with a delay of up to 6 months were used to estimate SR(T) values.

$$SR(T) = f(SR(T-1), SR(T-2), SR(T-3), SR(T-4), SR(T-5), SR(T-6))$$

Figure 6 shows the scattering diagrams of the estimated SR values with the PSO-LSSVM hybrid model. Accordingly, satisfactory results were obtained in the training and testing phase. In addition, the close distribution of the actual and estimated values on the 1:1 Line shows high prediction accuracy. Figure 7 shows the evolution of the training phase of the PSO-LSSVM hybrid model. Accordingly, it is noteworthy that the training is terminated when the eligibility criterion is fixed horizontally.

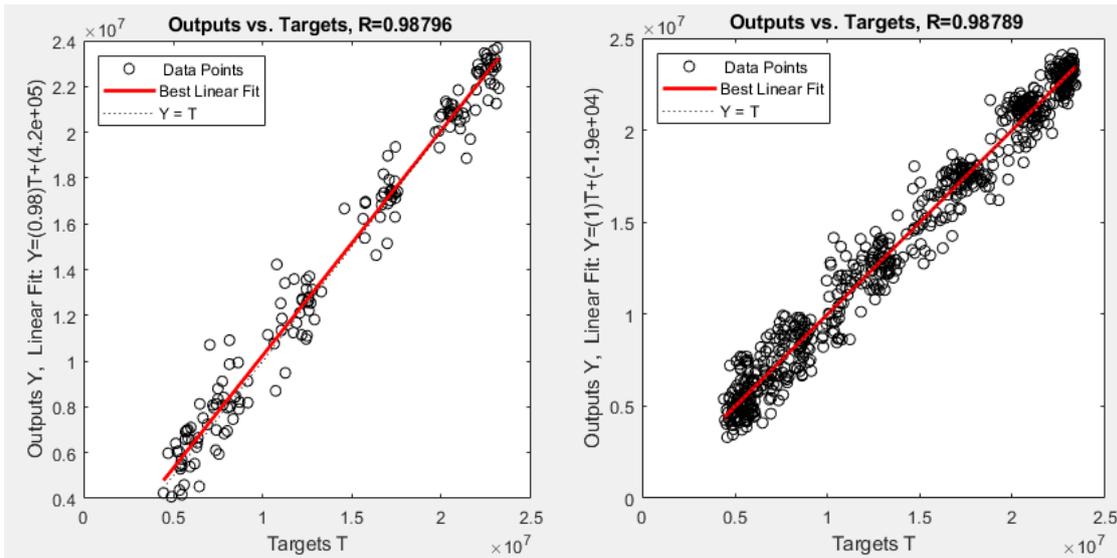


Figure 6. Training and test scatter plots of the PSO-LSSVM Model

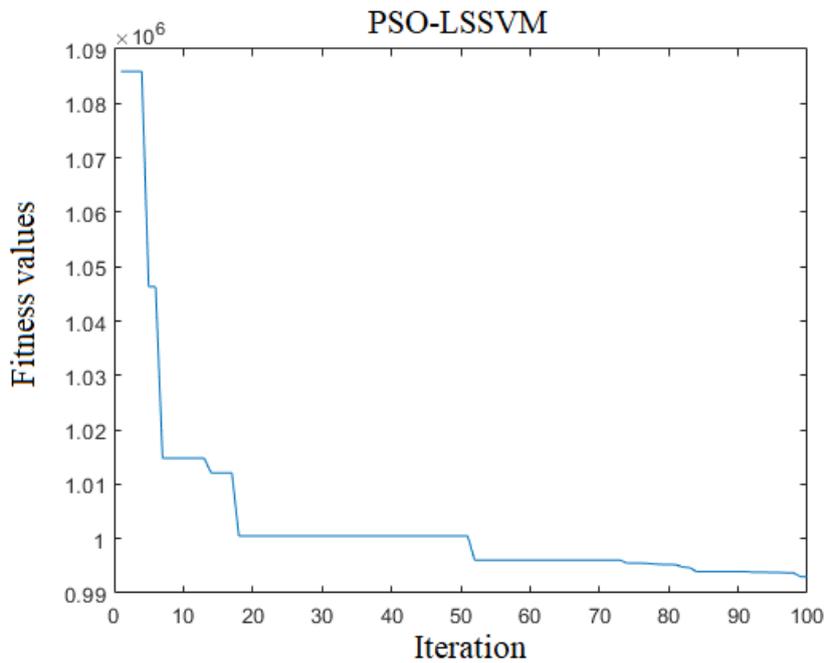


Figure 7. Training of PSO-LSSVM model

Table 1 ML algorithm used in solar radiation

Model No	Model type	Train MAPE	R	Test MAPE	R
1	PSO-LSSVM	0.069	0.98796	0.079	0.99789

Table 1 shows the statistical performance criteria of the PSO-LSSVM model applied for solar radiation prediction without applying the signal decomposition technique. R and MAPE statistical training and testing parameters were used to evaluate the most successful algorithm. According to MAPE and R parameters, the PSO-LSSVM model shows very high prediction success.

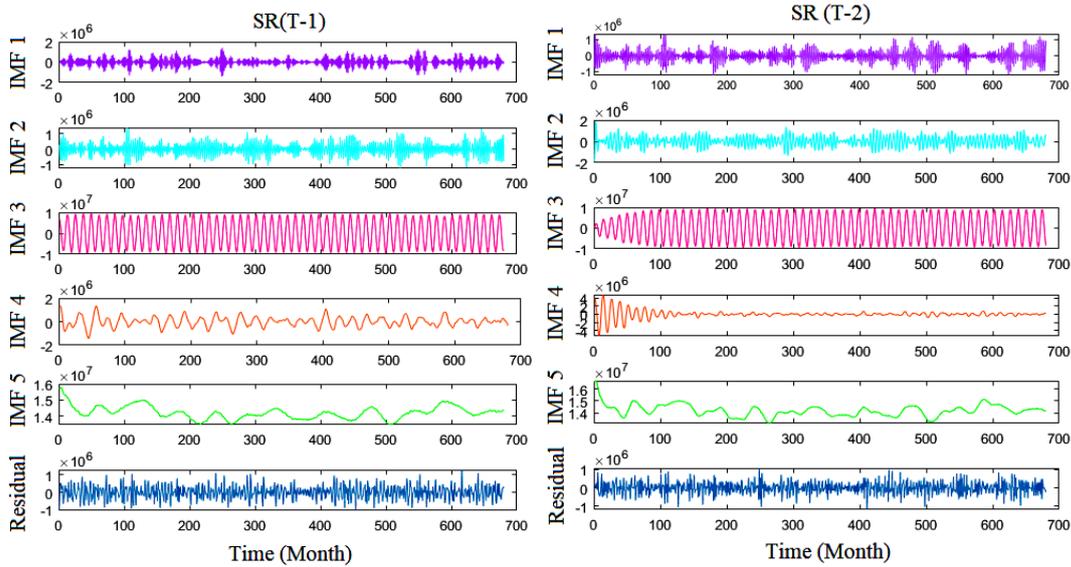


Figure 8. Subcomponents of the solar radiation data separated by VMD technique

In Figure 8, while establishing the hybrid algorithms, the input variables were separated into five IMF and residual by decomposition approaches., the input variable  $Q(t)$ , which is decomposed into various sub-series with the VMD technique, and the resulting estimation outputs are collected by modeling the sub-signals separately.

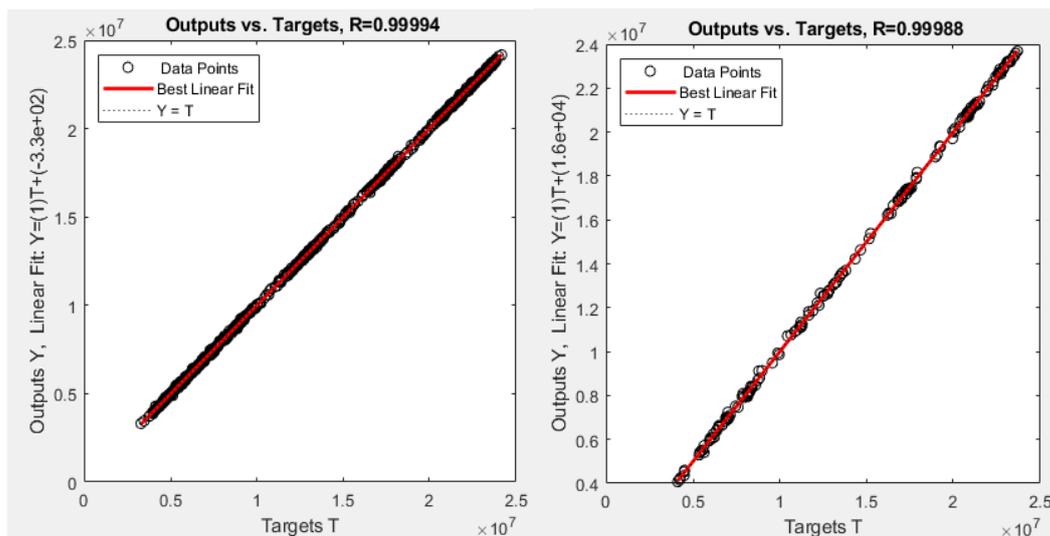


Figure 9. Training and test scatter plots of the VMD-PSO-LSSVM Model

In Figure 9, the scatter diagrams of the estimated SR values with the PSO-LSSVM hybrid model are presented. Accordingly, the close distribution of the actual and estimated values on the 1:1 Line indicates that the prediction accuracy is high. Figure 10 shows the evolution of the training phase of the PSO-LSSVM hybrid model. Accordingly, when the eligibility criterion is fixed horizontally, the training is stopped.

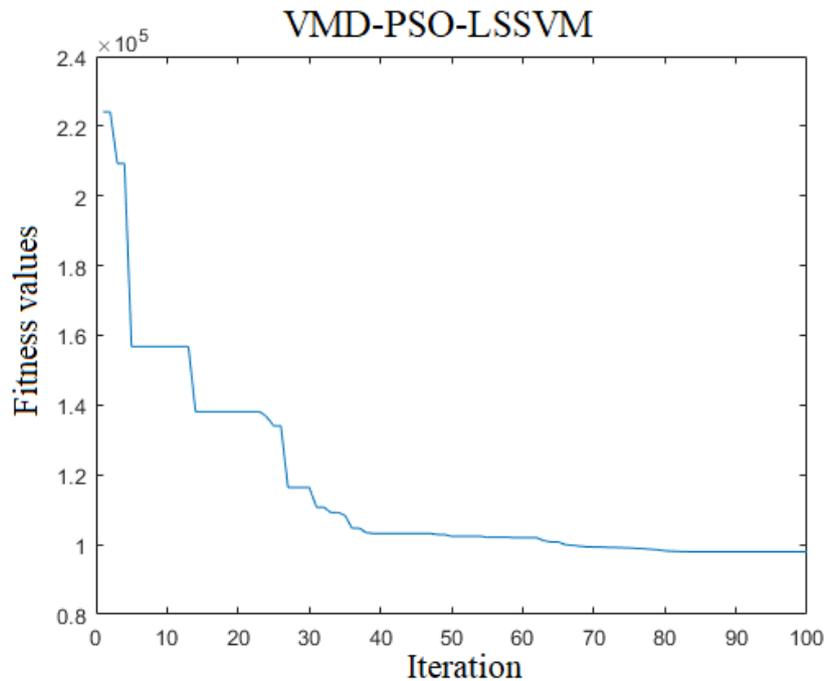


Figure 10. Training of VMD-PSO-LSSVM model

Table 2 ML algorithm used in solar radiation after using signal decomposition techniques

Model No	Model type	Train		Test	
		MAPE	R	MAPE	R
1	VMD-PSO-LSSVM	0.005	0.99994	0.007	0.99998

Table 2 shows the statistical performance criteria of VMD-PSO-LSSVM applied for solar radiation prediction after applying the signal decomposition technique. R and MAPE statistical parameters of training, testing were used to evaluate the most successful model. According to MAPE and R parameters, it is seen that VMD-PSO-LSSVM give higher accuracy than PSO-LSSVM model. It was determined that the VMD-PSO-LSSVM algorithm was slightly superior to the PSO-LSSVM model.

The most crucial aim of this research is to predict the monthly solar radiation data by artificial intelligence models, which hybridize LSSVM and PSO algorithms with the VMD algorithm. At the end of the study, it was seen that the algorithm's results were used reliably and effectively for solar radiation estimation. Moreover, Mohandes (2012), Ali et al. (2021), and Ikram et al. (2022) studies are compatible with the presented research. Mohandes (2012)

investigated the PSO-ANN and backpropagation (ANN-BP) models to forecast the monthly mean daily Global Solar Radiation (GSR) in areas where that measurement station is not available. They determined that overall the PSO-ANN model outperformed the BP-ANN model. This research coincides with using algorithms combined with Mohandes (2012) PSO technique in solar radiation prediction and obtaining more successful results than other models. Ali et al. (2021) researched the VMD-SA-RF algorithm to forecast solar radiation. This hybrid algorithm has been found to provide reliable performance in estimating solar radiation. Findings from the study by Ali et al. (2021) overlap in terms of similar hybrid models used and good and reliable prediction results obtained in this study. Ikram et al. (2022) used an enhanced version of the multiverse optimizing algorithm (IMVO) to integrate the LSSVM model to predict solar radiation. They determined that this algorithm gave more accurate results than LSSVM with LSSVM-CSA, LSSVM with LSSVM-GE, LSSVM with LSSVM-GWO, and LSSVM with multiverse algorithm original version (LSSVM-MVO) algorithms. Findings from the study overlap with the hybrid algorithms of Ikram et al. (2022) in producing more effective results in solar radiation prediction.

#### 4 Conclusion

This study combined the PSO and LSSVM algorithms with the VMD model to forecast the monthly solar radiation and to determine the effect of hybrid models on solar radiation predictions. The most important results obtained from the research are listed below.

- It has been found that the VMD-PSO-LSSVM model is more successful than the PSO-LS-SVM model.
- It has been revealed that the predictive power of the PSO-LS-SVM model can be increased by using the input variables allocated to the intrinsic mode function and residuals with VMD.
- Hybrid models created with signal processing algorithms showed higher prediction accuracy than non-signal machine learning models.

The study outputs can help optimize the operation of solar power plants, plan irrigation and fertilization of farmers, improve the weather forecast, and increase the forecast performance of climate models.

It has been determined that hybridized machine learning algorithms give successful results and cost-effective solutions quickly for solar radiation predictions. Furthermore, the findings obtained from the research are compatible with previous studies.

Solar radiation prediction can be researched using GWO, WOA, artificial bee colony and ant colony optimization techniques in future research.

#### Acknowledgments

The author thanks Copernicus, the European Union's Earth observation program, for the ERA 5 data provided.

#### Declarations

Funding No funding was received for conducting this study.

Ethical Approval The manuscript complies with all the ethical requirements. The paper was not published in any journal.

Author Contribution O. M. Katipoğlu contributed to the data analysis, findings, and conclusions. M. Sarıgöl contributed with data collection, literature review, and writing methods. All authors read and approved the final manuscript.

## References

- Ali, M., Prasad, R., Xiang, Y., Khan, M., Farooque, A. A., Zong, T., & Yaseen, Z. M. (2021). Variational mode decomposition based random forest model for solar radiation forecasting: new emerging machine learning technology. *Energy Reports*, 7, 6700-6717. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2021.09.113>
- Behrang, M. A., Assareh, E., Noghrehabadi, A. R., & Ghanbarzadeh, A. (2011). New sunshine-based models for predicting global solar radiation using PSO (particle swarm optimization) technique. *Energy*, 36(5), 3036-3049. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.02.048>
- Chaitanya, B. K., Yadav, A., Pazoki, M., & Abdelaziz, A. Y. (2021). A comprehensive review of islanding detection methods. *Uncertainties in Modern Power Systems*, 211-256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820491-7.00008-6>
- Chen, J. L., Liu, H. B., Wu, W., & Xie, D. T. (2011). Estimation of monthly solar radiation from measured temperatures using support vector machines—a case study. *Renewable Energy*, 36(1), 413-420. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.06.024>
- Deng, F., Su, G., Liu, C., & Wang, Z. (2010, February). Prediction of solar radiation resources in China using the LS-SVM algorithms. In *2010 The 2nd International Conference on Computer and Automation Engineering (ICCAE)* (Vol. 5, pp. 31-35). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICCAE.2010.5451535>
- Fan, J., Wu, L., Ma, X., Zhou, H., & Zhang, F. (2020). Hybrid support vector machines with heuristic algorithms for prediction of daily diffuse solar radiation in air-polluted regions. *Renewable Energy*, 145, 2034-2045. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.07.104>
- Huang, Y., Lin, J., Liu, Z., & Wu, W. (2019). A modified scale-space guiding variational mode decomposition for high-speed railway bearing fault diagnosis. *Journal of Sound and Vibration*, 444, 216-234. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2018.12.033>
- Ikram, R. M. A., Dai, H. L., Ewees, A. A., Shiri, J., Kisi, O., & Zounemat-Kermani, M. (2022). Application of improved version of multi verse optimizer algorithm for modeling solar radiation. *Energy Reports*, 8, 12063-12080. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2022.09.015>
- Jamei, M., Ahmadianfar, I., Jamei, M., Karbasi, M., Heidari, A. A., & Chen, H. (2022). Estimating daily global solar radiation in hot semi-arid climate using an efficient hybrid intelligent system. *The European Physical Journal Plus*, 137(3), 289. <https://doi.org/10.1140/epjp/s13360-022-02398-z>
- Kisi, O., Heddami, S., & Yaseen, Z. M. (2019). The implementation of univariable scheme-based air temperature for solar radiation prediction: New development of dynamic evolving neural-fuzzy inference system model. *Applied Energy*, 241, 184-195. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.03.089>

- Mohandes, M. A. (2012). Modeling global solar radiation using Particle Swarm Optimization (PSO). *Solar Energy*, 86(11), 3137-3145. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2012.08.005>
- Mosavi, A., Ozturk, P., & Chau, K. W. (2018). Flood prediction using machine learning models: Literature review. *Water*, 10(11), 1536. <https://doi.org/10.3390/w10111536>
- Meenal, R., & Selvakumar, A. I. (2018). Assessment of SVM, empirical and ANN based solar radiation prediction models with most influencing input parameters. *Renewable Energy*, 121, 324-343. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.12.005>
- Quej, V. H., Almorox, J., Arnaldo, J. A., & Saito, L. (2017). ANFIS, SVM and ANN soft-computing techniques to estimate daily global solar radiation in a warm sub-humid environment. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics*, 155, 62-70. <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2017.02.002>
- Rahimikhoob, A. (2010). Estimating global solar radiation using artificial neural network and air temperature data in a semi-arid environment. *Renewable energy*, 35(9), 2131-2135. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.01.029>
- Ramli, M. A., Twaha, S., & Al-Turki, Y. A. (2015). Investigating the performance of support vector machine and artificial neural networks in predicting solar radiation on a tilted surface: Saudi Arabia case study. *Energy conversion and management*, 105, 442-452. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2015.07.083>
- Samadianfard, S., Majnooni-Heris, A., Qasem, S. N., Kisi, O., Shamshirband, S., & Chau, K. W. (2019). Daily global solar radiation modeling using data-driven techniques and empirical equations in a semi-arid climate. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 13(1), 142-157. <https://doi.org/10.1080/19942060.2018.1560364>
- Şeker, M. (2021). Yapay Sinir Ağı (YSA) Kullanılarak Meteorolojik Verilere Dayalı Solar Radyasyon tahmini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(69), 923-935.



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Application of Empirical Mode Decomposition, Feedforward  
Backpropagation Neural Network, and Cascade Forward  
Backpropagation Neural Network For Flood Routing: A Case Study  
of Ankara, Mera River

(Okan Mert Katipoğlu, Metin Sarıgöl)

# Application of Empirical Mode Decomposition, Feedforward Backpropagation Neural Network, and Cascade Forward Backpropagation Neural Network For Flood Routing: A Case Study of Ankara, Mera River

Okan Mert Katipoğlu<sup>1\*</sup> Metin Sarıgöl<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Engineering and Architecture,  
E-mail: okatipoglu@erzincan.edu.tr

<sup>2</sup>Erzincan Uzunlu Vocational School, Erzincan Binali Yıldırım University,  
E-mail: msarigol@erzincan.edu.tr

---

**Abstract:** Floods are among the most costly natural disasters worldwide. Flood control, one of the important engineering problems, can be solved by modeling floods correctly. Furthermore, flood routing is vital in helping reduce floods' impact on people and communities by allowing timely and appropriate responses. In this study, the empirical mode decomposition signal decomposition technique is combined with feedforward backpropagation neural network and cascade forward backpropagation neural network machine learning techniques to model the 2014 floods in Ankara, Mera River. The flood data is split to avoid the model's underfitting and overfitting problems. While establishing the model, 70% of the data was divided into training, 15% testing, and 15% validation. In the design of the artificial intelligence model, the streamflow observation station D12A102, located in the upstream part of the Mera River, was used as input, while the streamflow observation station D12A242 downstream was selected as the target. Graphical indicators and statistical parameters were used for the analysis of model performance. As a result of the study, it has been determined that the EMD signal decomposition technique improves the performance of machine learning models. The study's outputs can assist in designing flood control structures, such as levees and dams, that can help reduce flood risk.

**Keywords:** Flood routing, empirical mode decomposition, feedforward backpropagation neural network, machine learning, mera river

---

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Elektrikli Araçlarda Batarya Paketi Tasarımı

(Ömer Faruk Özcan, Pelinnur Topçu)

## Elektrikli Araçlarda Batarya Paketi Tasarımı

Ömer Faruk Özcan<sup>1</sup>, Pelinnur Topçu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TOFAŞ A.Ş., E-mail: omer.farukozcan@tofas.com.tr

<sup>2</sup>Ottonom Üretim Teknolojileri A.Ş., E-mail: pelinnur.topcu@partner.tofas.com.tr

---

**Özet:** Uluslararası arenada karbon ayak izini düşürmek için yapılan yasal düzenlemeler otomotiv sektörünün çok hızlı bir şekilde araçlarını elektrifikasyona uyumlu hale gelecek şekilde tasarlamaya zorladı. Otomotiv şirketleri Hibrit, FCEV, PHEV, BEV gibi farklı araç tahrik çözümleri geliştirdiler. Bu tahrik sistemleri içten yanmalı motora sahip araçlara göre çok farklı enerji depolama ve güç aktarma sistemlerine sahip oldukları için otomotiv firmaları ya mevcut olan ICE araçlarında kullanılan platformlarda uyarlamalar yaptılar veya elektrifikasyona göre tasarlanmış tamamen yeni platformlar üretme yolunu tercih ettiler. Her iki durumda da anahtar öneme sahip araç bileşeni batarya ve batarya paketi oldu. Bu çalışmada batarya elemanları ve batarya paketleme stratejilerinden bahsedildikten sonra batarya tasarımı esnasında göz önünde bulundurulması gereken termal ve mekanik yükler belirtilerek güncel çözümler okuyucuyla paylaşılacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** elektrikli araç batarya paketi, ısıl sürüklenme, titreşim, crashworthiness

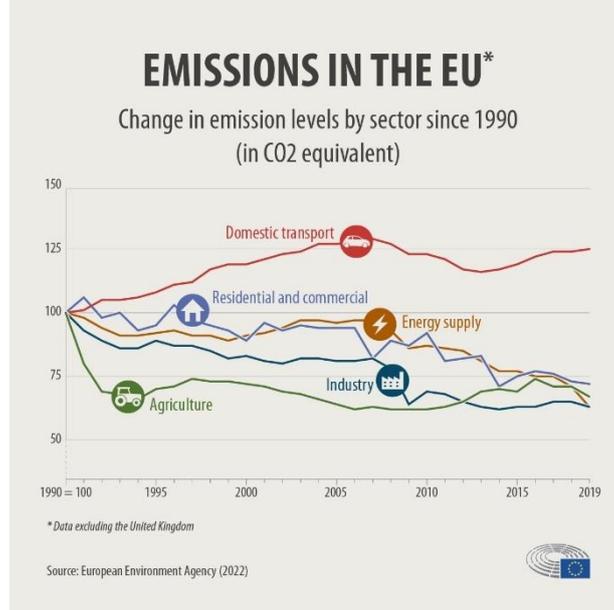
---

### Giriş

Dünya genelinde meydana gelen felaketler ve iklim değişiklikleri sebebiyle uluslararası komiteler ve birlikler sera gazı ve karbon salınımını azaltmak için çeşitli düzenlemeler hazırlamakta, hedefler belirlemektedir. Anlaşmalara taraf olan devletler bu düzenlemeleri yasalaştırarak endüstriyel üretim yapan şirketleri kontrol altına almaktadırlar. 1997 yılında kabul edilip 2005 yılında uygulamaya geçen Kyoto Protokolü ilk 5 yıllık dönemde 1990-2000 yılları arasındaki salınımı %5 düşürmeyi hedeflemekteydi [1]. 2016 yılında yapılan Paris Anlaşması ile küresel ısınma için üst sınır sanayii öncesi döneme göre 2 °C olarak hedeflenmiş ve 196 katılımcının bu hedefi gerçekleştirebilmek için finans, teknoloji ve kapasite oluşturma konularında yardımlaşmaları sağlanmıştır [2]. Avrupa Birliği'nin 2019 yılında açıkladığı Yeşil Mutabakat (Green Deal) ile birlikte Avrupa'nın 2030 yılına kadar gaz salınımını 1990 yılındaki seviyenin %55 aşağısında çekmesi ve 2050 yılında sıfır salınım yapar hale gelmesi hedeflenmiştir [3].

Yapılan düzenlemeler ve hedefler doğrultusunda otomotiv sektörü de birçok yasal düzenlemelere tabi tutulmuştur. Şekil 1'de Avrupa Çevre Ajansı'nın verileriyle oluşturulmuş sektör bazında emisyon salınımları gösterilmiştir. Grafikten görülebildiği üzere Avrupa'da en yüksek gaz salınımına sahip sektör ulaşım sektörüdür. Avrupa Birliği 1992 yılından beri motorlu araçların zehirli gaz salınımını kademe kademe düşürecek kararlar almaktaydı. 2025 yılında yürürlüğe girmesi beklenen Euro 7 standardıyla beraber bu salınımları daha da kısıtlamaya devam edecek [4]. Bunun yanı sıra 2022 yılının sonunda Avrupa Parlamentosu'nun aldığı karara göre, 2035 yılında üretilen araçların tamamının sıfır karbon emisyonuna sahip

olması beklenmektedir [5]. Hem otomotiv üreticileri hem de büyük araç filolarına sahip şirketler belirtilen hedeflere ulaşabilmek ve cezai müeyyide altında kalmamak için büyük yatırımlar yapmaya başladılar. Bunun için mevcut araç modellerinin elektrifikasyonu ve yeni elektrikli araç modellerinin üretilmesi üzerine çalışmalar sürüyor.



Şekil 15 Avrupa’da sektörlerin salınım miktarları [5]

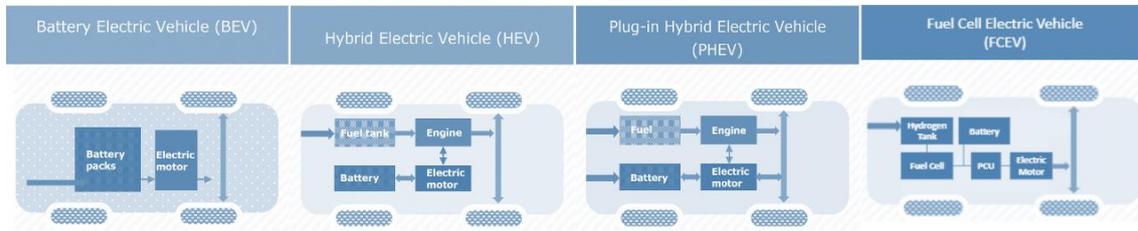
Gaz salınımını düşürmek için geliştirilmiş birçok hibrit çözüm mevcut ancak karbon salınımını sıfırlamak için şu ana kadar ticarileştirilmiş iki enerji kaynağı çözümü bulunmakta. İlk çözümde araç sadece batarya paketinin içinde bulunan elektrik pillerden beslenen elektrik motorlarıyla tahrik edilmektedir. İkinci çözümdeyse araca haricen doldurulan hidrojen yakıt, yakıt hücresinde elektrik enerjisine çevrilerek elektrik motorlarını harekete geçirir. Hidrojenli yakıtla sahip çözümlerde de bir batarya paketi bulunur. Bunun sebebi bu tahrik sisteminde ivmelenmenin zayıf kalması, akım artarken voltaj düşüşlerinin meydana gelmesi ve rejeneratif fren gibi enerji verimliliğini arttıracak çözümlerin eksikliğidir. Yakıt hücresi batarya sistemiyle entegre edilerek bu sorunlar ortadan kaldırılır [6]. Bu durumda genellikle araç kalkışta ve düşük hızlarda seyrederken bataryadan tahrik edilirken, yüksek hızlarda yakıt hücresinden tahrik edilir ve yavaşlarken de batarya sistemi şarj edilir.

Her iki çözümde de görüldüğü gibi batarya paketi ve piller yeni nesil araçlarda kritik öneme sahip bileşenlerdir. Bu sebeple otomotiv sektörünün öncülüğünde piller ve batarya paketi tasarımı üzerinde araştırmalar yürütülmektedir. Otomotiv firmaları uzun menzilli araçlar üretebilmek için yüksek kapasiteli piller geliştirmeye çalışmaktadırlar. Silikon yerine grafit kullanılması [7], daha fazla şarj sayısına ulaşmak için lityum alaşımlarının geliştirilmesi [8] vb. gibi anot ve katot kimyaları üzerine araştırmalar devam etmektedir. Ayrıca, yüksek kapasiteli elektrik pillerini arabalara entegre etmek için en iyi tasarım çözümlerini bulmaya yönelik projeler de devam etmektedir. Bu çalışmada elektrikli araçların batarya paketi incelenecektir.

Çalışma boyunca elektrikli araç çeşitleri, batarya paketi bileşenleri, mekanik-termal tasarım sınırları, güncel tasarım pratikleri ve malzeme seçimleri üzerinde durulacaktır.

### Elektrikli Araç Türleri

Yeni bir araba modeli üzerinde çalışılırken yasal zorunlulukların dışında, müşteri beklentisi, tedarikçi durumu, know-how seviyesi vb. etkenler de göz önünde bulundurulmaktadır. Bu nedenle otomotiv firmalarının yeni modellerinde benimsedikleri elektrifikasyon stratejisi de birbirinden farklı şekilde olabiliyor. Bugüne kadar geliştirilmiş elektrikli araç tahrik mimarisi Bataryalı Elektrikli Araç (BEV), Hibrit Elektrikli Araç (HEV), Plug-in Hibrit Elektrikli Araç (PHEV) ve Yakıt Hücreli Elektrikli Araç (FCEV) olarak sıralanabilir [9]. Bu sistemlerin şematik gösterimi Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 16 Elektrikli araç power train mimarileri [9]

HEV araçlar şu anda BEV araçlara geçiş modeli olarak kabul edilebilir. Bu araç tipinde içten yanmalı motorun yanı sıra destekleyici bir elektrik motoru da bulunmaktadır. ICE araçlarda 12 voltluk bataryadan beslenen elektrik motoru halihazırda bulunmaktadır. Bu motor araç ilk çalıştırılırken krank milini döndürmek için kullanılmaktadır. Ancak HEV araçlarda elektrik motoru daha aktif bir rol oynamaktadır. HEV araçlarda elektrik motoru ve batarya sistemi sayesinde araçta start-stop özelliği, elektrikli kalkış ve elektrikli sürüş gibi daha çevreci ve enerji verimliliğini arttıran sistemler kullanılabilir [10]. Bu sistem ayrıca seri-paralel hibrit konfigürasyonu olarak da isimlendirilmektedir. Aracın enerji kaynağı fosil yakıtlardır ancak içten yanmalı motor çalışırken ve araç yavaşlarken enerji kayıplarından yararlanarak kendini şarj eden bir bataryaya sahiptir. HEV araçlarda içten yanmalı motorların en verimsiz olduğu kalkış anında elektrik motoru devreye girer ve düşük orta hızlarda tamamen elektrikli sürüş imkânı sunulur.

PHEV araçların HEV araçlardan temel farkları, daha yüksek kapasitelere sahip bataryaların kullanılması, batarya boşalana kadar tekerlerin elektrik motoruyla tahrik edilebilmesi ve haricen bir priz aracılığıyla bataryanın şarj edilebilmesidir. BEV araçlar gibi tamamen elektrikli sürüş yapılacağı gibi bataryanın şarjının (SoC) azalması durumunda içten yanmalı motorla sürüş devam edilebilmektedir. Bu sebeple hem çevre dostu hem de müşterinin taleplerine cevap veren bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Ernst vd.'nin çalışmalarında belirttiği üzere eğer trafikteki tüm araçlar 30 km tamamen elektrikli sürüş yapabileme donanımına sahip, günde iki kez şarj edilen PHEV araçlar olursa, tüm araçların toplam seyahatinin üçte ikisi elektrikli sürüş şeklinde

olur. Ve aracın katedebileceği menzilde bir azalma olmaz [11]. Bu durumda küçük bataryalar emisyonu azaltmada önemli bir etkiye sahiptir.

FCEV araçlar giriş bölümünde bahsedildiği gibi hidrojeni yakıt olarak kullanan ve yakıt hücresinde hidrojenle oksijeni reaksiyona sokarak, reaksiyon esnasında ortaya çıkan elektrik enerjisiyle aracı besleyen bir tahrik sistemine sahiptir. Reaksiyon sonrasında atmosfere sadece su buharı salınımı olur. Daha önce de değinildiği gibi yakıt hücreleriyle elektrik üretiminin bazı eksikleri vardır. Bu eksikler sebebiyle sistemde ayrıca bir batarya da bulunmaktadır. FCEV araçların çevreci olup olmadığı konusu hala tartışılan bir konudur. Hidrojeni temin etmek, depolamak ve daha sonrasında onu elektriğe çevirmek bataryalarla elektrik kullanmaktan daha az verimli duruyor. Genel enerji verimliliğine bakıldığında BEV sisteminde enerji verimliliği yaklaşık %70-80 arasında iken, FCEV sistemlerde bu verim %25-35 arasındadır.

BEV araçlar, sera gazı emisyonu sıfır olan, içten yanmalı motor olmadan elektrik bataryasından beslenen elektrik motorlarıyla tahrik edilen bir sistemdir. İçten yanmalı motora sahip geleneksel araçlara göre daha kısa mesafeleri bulunmaktadır ve şarj süreleri uzundur. Şehir içi kullanım için çok ideal olan elektrikli araçlar aynı zamanda ekonomiktir de. Elektrikli araçlar 100 km'de 3-4 €'luk elektrik tüketimi yapmaktayken, verimli bir içten yanmalı motora sahip araçta bu miktar 7-8 € civarındadır [12].

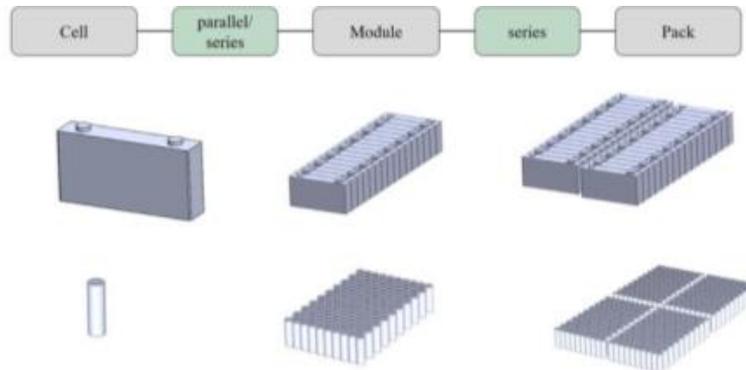
### **Batarya Paketi Elemanları**

Bir araç tasarlanırken en önemli konulardan biri paketleme stratejisidir. Aracın olmazsa olmaz parçalarının doğru yerde birbirini olumsuz etkilemeyecek şekilde konumlandırılması hem üretim aşamasında hem de kullanıcının algıladığı kalite algısının iyileştirilmesinde büyük önem taşımaktadır. EV araçlarında da batarya paketi tasarım aşamasında paketleme stratejisi önemli bir tasarım sorunudur. Tasarım aşamasında karar verilmesi gereken ilk soru EV olarak çıkacak modelin halihazırda bulunan bir ICE platformunda değişiklikler yaparak mı tasarlanacağı yoksa yeni bir platform üzerine mi kurgulanacağıdır. Eğer halihazırda kullanılan bir alt gövde platformu kullanılacaksa batarya paketinin tek parça halinde bu sisteme entegrasyonu zor olacağından aracın farklı bölgelerine yerleştirilmiş bir tasarım gerçekleştirilmelidir. Daha sonra aracın elektrikli sürüş menzili, aracın bataryadan çekeceği maksimum güç, aracın satılacağı pazar, homologasyonlar gibi konuların değerlendirilmesi gerekecektir. Bu tür sorular cevaplandırıldıktan sonra bir batarya paketinin konfigürasyonuna başlanabilir. Elektrikli aracın elektrik tahrik mimarisinden bağımsız olarak (HEV, PHEV, FCEV, BEV) bir batarya paketinde yer alan temel alt sistemler vardır. Bu kilit unsurlar, pil hücreleri, BMS sistemi ve elektronik aksamı, yapısal unsurlar ve termal unsurlardır. Bu öğelerin doğru şekilde konfigürasyonu, batarya paketinin performans ve ömrünü en iyi seviyeye çıkartacaktır. Şekil 3'te batarya ve elektronik donanımıyla beraber örnek bir batarya paketi gösterilmiştir.



Şekil 17 Batarya paketi [13]

Otomotiv endüstrisinde yaygın olarak kullanılan 3 farklı pil geometrisi mevcuttur. Bunlar silindirik (kalem), prizmatik ve kese tipi pillerdir. En küçük enerji paketi olan pillerin araçla entegrasyonu üç farklı şekilde olabilir. Bunlardan ilki Şekil 4'te de görülebileceği gibi pillerin veya diğer bir tabirle hücrelerin birleşerek modülleri, modüllerin birleşerek batarya paketini oluşturmasıdır. Otomotiv sektöründe en çok kullanılan yöntemdir. Pillerin modüller halinde yönetilmesi sayesinde daha kontrollü ve güvenilir bir batarya paketi elde etmiş olunur. Bunun dışında pillerin batarya paketine doğrudan bağlandığı çözümler de mevcuttur. Son olarak da pillerin doğrudan araç gövdesine entegre olduğu tasarımlar bulunmaktadır. Bu çalışmada Hücre-Modül-Batarya paketi hiyerarşisine sahip sistemler incelenecektir.



Şekil 18 Batarya paketleme hiyerarşisi [14]

Silindirik hücreler, gündelik hayatta her yerde kullanıldığı için en çok bilinen pil türüdür. Bilgisayarlar, uzaktan kumandalar, fareler, duvar saatlerinde silindirik pil kullanılmaktadır. Halihazırda seri üretimi olan ve üretimi kolay bir pil türüdür. Bu sebeple bu piller ulaşımı kolay ve ucuzdurlar. Ancak dairesel kesite sahip olmaları sebebiyle batarya paketinin içinde yerleşimini yönetmek daha zor olmaktadır. Ayrıca yine geometrisi sebebiyle soğutması çok daha zor olmaktadır. Tesla, Faraday, Lucid gibi araba markaları silindirik pilleri kullanmayı daha uygun bulmuşlardır. Tesla S ve X serilerinde Panasonic 18650(Çap:18 mm/Uzunluk:650 mm) kullanılmaktadır. 3 serisinde ise Tesla, yeni Panasonic 21700 silindirik hücreyi kullanmaya

karar verdi. Silindirik piller daha düşük hücre kapasitesine sahiptir. Panasonic 18650 pilinin nominal voltaj kapasitesi 3,6 V ve nominal enerji kapasitesi 3400 mAh'dir. Düşük enerji kapasiteleri nedeniyle, silindirik piller modüllerde sadece paralel olarak değil, yeterli güç seviyelerine ulaşmak için seri olarak da bağlanmaktadır. Tesla'nın Roadster modelinde kullanılan batarya paketinde piller 69p9s11s olarak bağlandı. Yani bir batarya paketinde 11 adet seri bağlı modül vardır ve bu modüllerde piller 69 paralel 9 seri bağlantıya sahip olacak şekilde birbirleriyle bağlanmışlardır. Modüller içerisinde piller birbirlerine ultrason kaynak edilmiş tellerle bağlanmaktadır. Bu bağlantı türü üretim açısından verimsiz olsa da pil hücrelerinden birinde meydana gelen açık devre gibi bir olumsuzluk bataryanın genel performansında çok az bir düşüşe sebebiyet verir [14]. Bu sebeple silindirik piller diğer pil ünitelerine göre daha güvenilir bir performansa sahiptir. Silindirik hücrelerin bir başka avantajı iste farklı menzil isteklerine göre kolayca değiştirilebilir bir yapıda olmalarıdır. Prizmatik ve kese tipi pillerin kullanıldığı araçlar tek bir menzille müşteriye satış yaparken Tesla gibi silindirik piller kullanan firmalar müşteriye bu konuda opsiyonlar sunabilmektedir.

BMW, Volkswagen tasarım esnekliklerinden dolayı prizmatik hücreler kullanmayı tercih etmektedirler. Şekil-4'te görüldüğü gibi prizmatik hücreler daha yüksek enerji kapasitesine sahip olduklarından üretim esnasında daha az parça ile uğraşma imkanı sunmaktadırlar. Bu nedenle üretimde oluşacak hatalar daha az olacaktır. Aynı zamanda paketlemede kullanılan sert kasa, rijit şekli ile daha kompakt bir tasarım yapma imkanı sunmaktadır. Prizmatik bir hücrenin enerji kapasitesi 4 Ah ile 250 Ah arasında değişmektedir. Kapasiteye göre silindirik hücreler gibi rulo halinde veya Z katlı olarak üretilebilir. Yuvarlanmış(rolled) prizmatik hücre tekniği, silindirik hücrelere çok benzer. Prizmatik hücrenin faydalarından biri, laminat hücreye özgü daha yüksek kapasiteye sahip olmasıdır, ancak küçük hücrelerin havalandırmalar ve nadiren termal sigortalar gibi bazı güvenlik özelliklerini de entegre edebilir. Chevrolet, Renault, Nissan elektrikli araba bataryalarında ise kese pil kullanılmaktadır. Kese hücreler, silindirik ve prizmatik hücrelere kıyasla daha yüksek enerji kapasitesine sahiptirler. Ayrıca en yüksek tasarım esnekliğine sahip hücre tipi de kese tipi pillerdir. Ancak bu hücre tipinin yeni olması ve otomobil endüstrisinin talebini karşılayacak kapasitede olmaması bu pilin olumsuz taraflarıdır. Ayrıca bu pilin yeterince güvenlik önlemiyle donanmış olduğu söylenemez. Bunun sebebi olarak yumuşak bir kılıfa sahip olması, basınç ventilinin olmaması ve keseleri bir arada tutabilmek için ekstra bir aparatın zorunlu olması gösterilebilir.

Batarya paketinde hücre ünitelerinin yanı sıra bu hücre ünitelerinin kontrolünü sağlayan bir ünite de bulunmaktadır. Batarya Yönetim Sistemi (BMS) olarak adlandırılan bu sistemin 3 farklı görevi vardır. BMS'in birinci görevi, uygun olmayan çevre ve kullanım koşullarında (sıcaklık, nem, toz, yüksek amper çekimi vb.) hücrelerin zarar görmesini engellemektir. İkinci görevi ise pilin en uzun ömürlü kullanılmasını sağlamaktır. Üçüncü görev, pilin işlevsel gereksinimlerini karşılamaya hazır olmasını sağlamaktır. Bu üç görevi de yerine getirmek için BMS'te kullanılan bir pratik vardır: Hücre dengeleme. Hücre dengeleme, bataryadaki hücreleri aynı voltaj seviyesinde tutarak bataryanın ömrünü uzatırken aynı zamanda uzun süre işlevselliğini koruyan bir işlemdir. BMS geliştiricileri bu işlemi aktif veya pasif olarak gerçekleştirebilirler. Aktif dengelemede hücreler birbirini şarj ederek eşit voltaja gelirken, pasif dengelemede hücreler ısı üreten bir dirençle enerjisi harcar ve daha yüksek voltaj seviyesindeki

hücreleri boşaltır. Pasif dengeleme durumunda, karmaşık elektronik parçalar kullanmaya gerek yoktur, ancak bataryanın voltaj seviyesi bu stratejide en düşük voltaj kapasiteli pil tarafından belirlenir [15]. Batarya paketinde hücre modülleri ve BMS sisteminin yanı sıra busbarlar, teller, bağlantılar, kaynaklar, kontaktör sistemi ve haberleşme sistemleri olarak sıralanabilecek elektronik bileşenler de bulunmaktadır. Bu bileşenlerin düzgün bir şekilde yerleştirilmesi ve yoldan gelen sinyallere ve hatta bir çarpışmaya maruz kaldıklarında sağlamlıklarını korumaları gerekir.

## Mekanik Tasarım

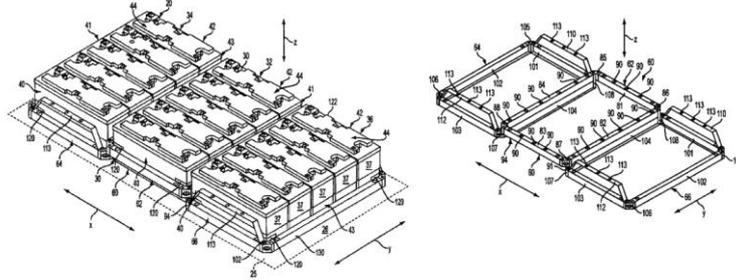
Batarya paketinin uzun kullanım ömrüne sahip olması ve yapısal olarak katastrofik bir hasara uğramaması için batarya paketinin yerleştirileceği konum ve maruz kalacağı şartlar dikkate alınarak tasarlanması gerekir. Otomotiv endüstrisinde tasarımlar her zaman standartlara ve testler göz önünde bulundurularak yapılır. Elektrikli araçlarla ilgili standartlardan bazıları aşağıda bulunan Tablo-1'den incelenebilir [16]. Aracın ömrü boyunca bir batarya paketinden beklenen bazı özellikler vardır. Bunlardan biri rijit yapının bozulmamasını sağlamaktır. Araç seyir halindeyken bataryanın dahili entegrasyonunu bozacak iki kaynak vardır. Bunlardan biri bataryanın bağlı hareket nedeniyle maruz kaldığı yükler, diğeri ise çoğunlukla yoldan kaynaklanan titreşimlerdir. Batarya paketinin aracın farklı yerlerine konumlandırılabilmesi daha önce belirtilmişti. Ancak genel kural bir sonraki paragrafta açıklanacağı gibi yolcu koltuklarının altına yerleştirilmesidir. Batarya braketleri ile aracın şase kollarına bağlanır. Bu braketler, batarya paketinin 6 serbestlik derecesinde sabitlenmesini sağlar. Ancak araç seyir halindeyken şasi kollarına braketlerle bağlı olan batarya paketinin ataletinden dolayı kendi hareketini korumak isteyecektir. Sonuç olarak hem braketlere hem de şasi kollarına yükler olacaktır. Ayrıca batarya paketine bağlı hücre üniteleri, modüller ve elektrikli bileşenler pilin kendi içinde göreceli hareketler yapacaktır. Bu hareketler elektronik bağlantıların gevşemesine ve kopmasına neden olacaktır. Ayrıca araç seyir halindeyken sürekli titreşim etkisi altındadır. Bu titreşimler bataryaya yansıtılırsa mekanik bağlantılarda da gevşemelere ve çözülmelere neden olacaktır. Bu nedenle mekanik bir tasarımda parçanın bağlı hareketlere karşı mukavim bir davranış göstermesi gerekmektedir. Bu konuda için yapılan birçok çalışma mevcuttur.

**Tablo 1** Otomotiv batarya paketlerinin mekanik tasarımlarıyla ilgili standartlar [16]

Standard	Title	Scope
SAE J240	Life test for Automotive Storage batteries	Life test simulates automotive service when the battery operates in a voltage regulated charging system
SAE J1766	Recommended Practice for EV & Hybrid Vehicle Battery Systems Crash Integrity Testing	Specifies test methods and performance criteria which evaluate battery spillage, retention and electrical isolation during specified crash tests
SAE J1797	Packaging of Electric Vehicle Battery Modules	Provides for common battery designs through the description of dimensions, termination, retention, venting system, and other features required in an EV application
SAE J1798	Recommended Practice for Performance Rating of Electric Vehicle Battery Modules	Common test and verification methods to determine EV battery module performance. Document describes performance standards and specifications
SAE J2185	Life test for heavy-duty Storage batteries	Simulates heavy-duty applications by subjecting the battery to deeper discharge and charge cycles than those encountered in starting a vehicle
SAE J2289	Electric-Drive Battery Pack System: Functional Guidelines	Describes practices for design of battery systems for vehicles that utilize a rechargeable battery to provide or recover traction energy
SAE J2344	Technical Guidelines for Electric Vehicle Safety	Defines safety guideline information that should be considered when designing electric vehicles for use on public roadways
SAE J2380	Vibration Testing of Electric Vehicle Batteries	Describes the vibration durability testing of an EV battery module or battery pack
SAE J2464	Electric Vehicle Battery Abuse Testing	Describes a body of tests for abuse testing of EV batteries
SAE J2529	Electric and Hybrid Vehicle Propulsion Battery System Safety Standard	Safety performance criteria for a battery systems considered for use in a vehicle propulsion application as an energy storage system galvanically connected to a high voltage power train

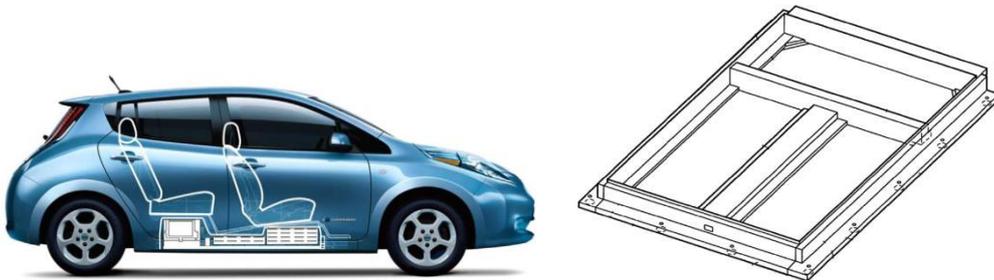
2009 yılında yayınlanan US7507499B2 numaralı patentte batarya modüllerinin göreceli hareket etmeden sabitlenebilmesi için bir tasarım yapılmıştır. Bu tasarımda Şekil 5'te de görülebileceği

gibi modüler bir hücre düzeni göze çarpmaktadır. Tasarımda modüller birbirinden çerçevelerle ayrılmıştır. Bu ayrımın önemi daha sonra değinilecek olan kimyasal etkileşimlere karşı direnç konusunda tekrar ele alınacaktır. Her modül için içi boş çerçevelerden dikdörtgen bir kasa tasarlanmış, çerçeveler birbirine gergilerle bağlanmıştır. Modüllerin kendi aralarında sağlam bir davranış sergileyebilmesi için köşelere konulan braketler sayesinde şekil bağlantısı yapacak pimlerle bağlantı sağlanmakta ve modüller arasına sönümleme tamponları yerleştirilmiştir [17].



Şekil 19 Batarya paketi çerçeve tasarımı [17]

Otomobillerde motor ve aktarma organlarından kaynaklanan titreşimin en önemli sebebi aracın tam yükte çalışmamasıdır. Aracın tam yükte çalışabilmesi için 4 tekerleğin de eşit yükte olması gerekir [16]. Aracın ağırlık merkezinin kapalı olması tekerleklerin yüklenme oranlarını değiştirecektir. Aynı zamanda ağırlık merkezinin yüksek olması, eğimli bir yolda tekerleklerin farklı yüklerle yüklenmesine neden olacaktır. Bu nedenle elektrikli araçlarda bataryanın araç geometrisinde doğru konumlandırılması çok önemlidir. Eşit ve teker oturma yüzeyine dik doğrultuda daha alçak ağırlık dağılımı ile batarya yerleşimi mühendisler için en iyi uygulama olacaktır. Daha alçak kütle merkezi ve tek bölgede ağırlık dağılımı elde etmek için çalışan mühendisler yeni bir batarya geometrisi geliştirdiler. Batarya modüllerini arka arkaya dizmek ve aracın tabanında büyük bir yüzey alanını işgal etmek yerine tasarım mühendisleri farklı bir yerleşim planı oluşturdu. US8561743B2 numaralı patentte görüldüğü gibi bataryanın uzun kenarı aracın ön-arka ekseninde uzanacak şekilde, çerçevelerle ayrılmış alanlara iki adet modül yerleştirilmiş ve bu dikey çerçevelerin arkasına üst üste 2 adet aracın sağ-sol ekseninde uzanan modüller yerleştirilmiştir [18]. Üst üste yerleştirilen modüller arka koltuk alanı ile örtüştüğü için arka koltuktaki yolcular daha yüksekte konumlanmakta ve daha geniş bir görüş açısına sahip olmaktadır. Araç üzerindeki uygulaması Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 20 Prizmatik batarya paketi ve modüler çerçeve tasarımı [16]

Araçta meydana gelen titreşimin sonuçlarından birinin de elektronik bağlantıların gevşemesi veya tamamen yerinden çıkması olduğu belirtildi. Bataryadaki elektronik bağlantılar (busbarlar gibi) için kaynak veya cıvata bağlantı kullanılmaktadır. Cıvata bağlantıları titreşim sonucu gevşeyebilir, kaynaklı parçaların tekrar çıkarılamaması sorunu vardır. Bu nedenle Mitsubishi bünyesinde çalışan Takumi Oya, batarya paketi için yeni bir bağlantı yöntemi geliştirdi. 8580427 numaralı patenti elektrik bağlantılarını uzun süre koruyabilen bir batarya paketi tasarımını açıklamaktadır. Bu tasarımda, elektrot terminalleri, genişliği ön uçtan batarya paketine doğru kademeli olarak azalan konik bir sütun şeklinde elastik olarak deforme olabilen iletken bir malzemeden oluşturulmuştur. Ayrıca ön ucun bir kısmı çevresel yönde bir oluk kesilerek parçalara ayrılır. Bu, elektrot terminalinin bağlantı elemanının açık deliğine kolayca sokulmasını sağlar. Elektrot terminallerinin ve açık deliğin her biri konik bir sütun şeklinde oluşturulduğundan, elektrot terminallerinin bağlantıdan ayrılması önlenir [19].

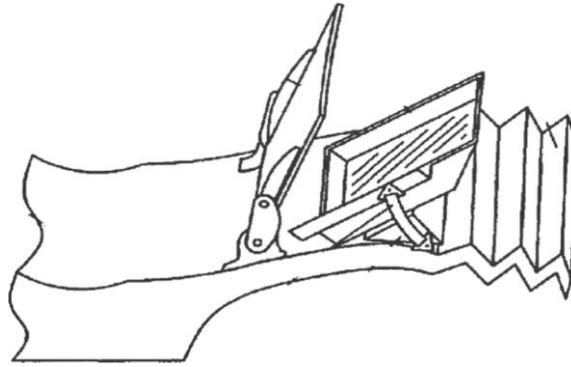
## Yapısal Tasarım

Bir ülkeye ve bölgeye yeni bir araba satabilmek için, aracın o pazarın homologasyonlarını karşılaması gerekir. Bu nedenle araç üzerinde birçok test uygulanmaktadır. Bazı farklılıklar olmakla birlikte tüm pazarlarda araçlara önden, yandan ve arkadan çarpışma testleri uygulanmaktadır [16]. Bu testlerin amacı, otomobillerin yeterli crashworthiness değerlerini sağlayıp sağlamadığını görmektir. Crashworthiness, araç gövdesinin bir kaza anında yolcuları korumak için enerjiyi soğurma yeteneği olarak tarif edilmektedir. Binek otomobiller için en önemli tasarım kriterlerinden biridir [20]. Elektrikli araçlarda da bu testler uygulanmakta ve yaşam kabinine girişimin yanı sıra batarya kaynaklı elektrolit dökülme olup olmadığı da kontrol edilmektedir. Bu test FMVSS 305 ve SAE J1766 standartlarında tanımlanmıştır. Testi başarılı bir şekilde geçebilmek için bataryanın araçta uygun yerleştirilmesi ve batarya paketinin çarpmadan meydana gelecek enerjiyi bir stratejiye bağlı kalarak büyük bir hasara uğramadan geçmesi gerekmektedir. Tablo 2’de bazı elektrikli araçların batarya konumları listelenmiştir.

**Tablo 2** Batarya paketleri ve araçtaki konumları

Vehicle	Battery		Electric range (km)	Battery location
	Chemistry	Size (kWh)		
Bolloré Bluecar	Lithium-ion Polymer	30	250 (City) 150 (Highway)	Centre
BMW i3	Lithium-ion	18.8	130–160	Centre
Nissan Leaf	Lithium-ion	24	121 (EPA) 200 (NEDC)	Centre
Ford Focus Electric	Lithium-ion	23	122 (EPA)	Rear
Tesla Model S	Lithium-ion	60 85	335 (EPA) 426 (EPA)	Centre
BYD e6	Lithium-ion	61.4	300	Centre
Fiat 500e	Lithium-ion	24	140 (EPA)	Rear
Toyota RAV4 EV	Lithium-ion	35	166 (EPA)	Centre
Chevrolet Spark EV	Lithium-ion	21.3	132 (EPA)	Rear
Volkswagen e-Golf	Lithium-ion	24.2	190 (NEDC)	Centre
Mitsubishi i MiEV	Lithium-ion	16	100 (EPA)	Centre

Yukarıdaki tablodan da görüleceği üzere Ford Focus araçta batarya aracın arka kısmına yerleştirmektedir. Aracın yasal zorunlulukları karşılayacak şekilde arkadan çarpma testinde geçebilmesi için batarya tasarımı ve yerleşiminde stratejiler benimsenmelidir. İlk akla gelen çözüm kompakt ve rijit bir batarya paketi üretmek olsa da bu çözüm daha fazla maliyetli olduğu için Ford mühendisleri farklı bir çözüm ortaya koymuşlardır. Ford mühendislerinin US7070015B2 numaralı patente gösterdikleri yöntemde batarya paketinin enerjiyi sönümlemesi yerine hareket ederek kazadan kaçınması stratejisi benimsenmiştir. Bataryanın 2 noktadan rijit bağlantıları yapılı ve aracın arka tarafı boylamsal olarak deforme olduğunda arka tarafta kalan bağlantı bir hareket konvertörü görevi görerek bataryanın bağlandığı yüzeye beraber bir taraftan yükselmesi sağlanır [21]. Bu sayede batarya paketinin hasar görmesi engellenir. Patente alınmış bir şematik çizim Şekil 7’de mevcuttur.



Şekil 21 Arkadan çarpa için batarya paketi yerleşim çözümü [21]

Kaza testlerinin en zorlarından bir tanesi yandan çarpma testidir. Önden çarpa gibi bir enerji sönümleyecek bölge olmadığı için hayat kabinine doğrudan girişimler meydana gelebilmektedir. Bunun için araçlarda B direği bölgesi mukavemeti yüksek çeliklerden daha güçlü şekilde dizayn edilirler. Batarya paketinin yerleşimini aracın tavanına yapan elektrikli araçlardaysa hayat kabininin yanında bataryanın da bu testten geçmesi gerekmektedir. Tesla Motors mühendisleri tarafından alınan US8702161B2 patente batarya paketinin bu testten geçebilmesi için enerji sönümleyecek ve dağıtabilecek yeni bir geometri geliştirilmiştir. 6000 serisi çelikten imal edilen aracın yan korumaları (side silly) ekstrüzyon yöntemiyle içi boşaltılarak imal edilmekte ve daha sonra çökeltme sertleştirilmesi yöntemiyle sertleştirilmektedir. Bu sayede topoloji çalışılarak daha düşük ağırlıklarda mukavim bir yapı tasarlanmıştır. Kare kesite sahip reaktif yapı ve enerji sönümleyecek bir dikdörtgen kesitli yapıdan imal sistem diyagonal işlenmiş iç duvarlarla sağlamlaştırılmıştır [22].

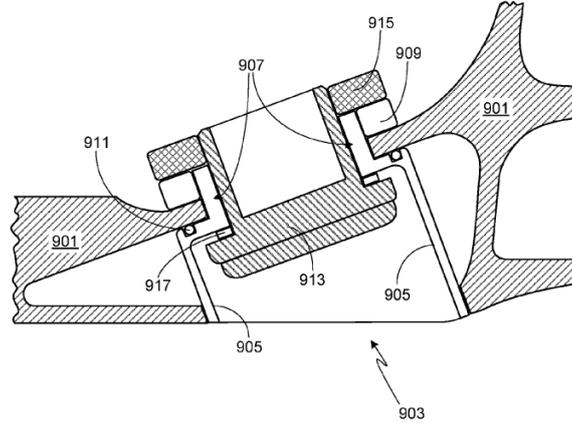
### Termal Tasarım

Lityum-iyon pillerin neden olduğu yangınlar uzun süredir medyada yer almaktadır. Lityum-iyon pillerin tutuşması çok zor olsa da yanmaya başladıklarında ortaya çıkan ısı ve sıcaklık çok yüksektir. Li-iyon piller yanmaya başladığında yangınların söndürülmesi de zordur. Bu nedenle hücre ünitelerinde meydana gelecek bir tutuşma durumunda en az hasara yol açacak yapısal tasarımın yapılması gerekmektedir. Yapısal tasarım parametrelerine başlamadan önce önemli bir terimi açıklamak gerekir: Isıl sürüklenme (Thermal Runaway). Isıl sürüklenme bataryanın içerisinde meydana gelen zincirleme kimyasal reaksiyonlar neticesinde bataryadaki sıcaklığın

hızlı bir şekilde yükselmesidir [23]. Meydana gelen ekzotermik reaksiyon sonunda ortaya çıkan ısı batarya paketinin yanmaya başlamasına sebebiyet verir. Hücrelerdeki kısa devreler, fiziksel müdahaleler veya aşırı termal yükler, ısı sürüklenmenin nedeni olabilir. Genellikle Li-iyon pillerin 50 °C'nin altında çalıştırılması önerilir. Piller tutuştuğunda hidrokarbon gazı salarlar ve yüksek ısı enerjisi üretirler. Bu sıcaklık çok yüksek derecelere çıktığı için etrafındaki her şeyi eritir. Bu nedenle ısı sürüklenme koşullarında sıcaklığı ve gazları kontrol edecek bir batarya paketi tasarlamak büyük önem taşımaktadır.

Pildeki hücrelerden biri tutuştuğunda bunun diğer hücelere iletilmemesi batarya paketi tasarımındaki en önemli faktörlerden biridir. Pil Hücrelerinin anlatıldığı bölümde daha önce açıklandığı gibi, EV araçlarında daha çok modüllerden batarya paketi oluşturulan tasarımlar tercih edilmektedir. Modüller, batarya paketlerinde mümkün olduğunca birbirinden bağımsız olarak yerleştirilirler. Bunun nedeni bir hücrede ısı sürüklenme başladığında diğer modüllerin etkilenmemesini sağlamaktır. Genellikle bu uygulama kese ve prizmatik hücreli pillerde kullanılmaktadır. Silindirik hücreli piller için, hücreleri birbirinden uzak tutmak daha karmaşıktır. Hücreleri birbirinden ayırmak için birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalardan bir tanesi de her bir pil hücrelerini birbirinden ayırmaktır. Pilleri birbirinden ayırmak üzerine yapılan fikirlerden bir tanesi US8481191B2 numaralı patente mevcuttur. Bu çalışmada Westan Arthur Hermann, hücreleri önceden belirlenmiş konumlarda tutan sabit aralayıcıların kullanılmasının, pilin içindeki hareketi engellemesini ve bitişik pil hücresi birimleri arasında bir termal bariyer görevi görmesini önermektedir. Bu konfigürasyonda, bir pilin özgül enerji verimliliği daha az olacak, ancak olası ısı sürüklenme yayılımı önlenecektir [24].

EV tasarımında, batarya paketinin içinde uygun bir egzoz sistemi de bulunmalıdır. Isı sürüklenme aşamasında ortaya çıkan sıcak gazlar tahliye edilmezse bataryanın iç basıncının yükselmesi sıcaklığının daha da artması söz konusu olacaktır. Aynı zamanda bu gazların soluması tehlikeli olacağı için araç içine ulaşmadan tahliye edilmesi büyük önem taşımaktadır. Kimyasal gazların tahliyesi için bir ventile ihtiyaç vardır. Bunun için bataryanın içine havalandırma delikleri yerleştirilmelidir. Bu salınımı yapacak ventiller yüksek sıcaklıklara dayanabilecek, gazın içeriden dışarıya kaçmasına izin verecek, ancak dışarıdan içeriye kütle geçişini önleyecek bir tasarıma sahip olmalıdır. Isı sürüklenme ile birlikte pil takımındaki basınç ve sıcaklık artacaktır, kontrollü gaz çıkışı için yüksek erime sıcaklığına sahip seramik veya metal menfezlerin kullanılması uygun olacaktır. Bu menfezler artan basınçla açılacak yapıda olmalıdır [16]. Böyle bir ventilin tasarımı US8663824B1 numaralı patente mevcuttur [25]. Ventilin patentten alınmış görseli Şekil 8'de mevcuttur.



Şekil 22 Batarya gaz ventili [25]

Elektrikli araçlardaki bataryanın 50 °C'nin altında çalışması gerektiği daha önce belirtilmişti. Aynı zamanda pilin uzun ömürlü olabilmesi için hücre içi sıcaklık farkının da çok yüksek olmaması gerekmektedir. Batarya Termal Kontrol Sistemi bir tasarım kriteri için olmazsa olmazdır. Temel olarak, batarya paketi için termal kontrol iki şekilde yapılır: Aktif ve pasif termal kontrol. Pasif termal kontrol, pilin malzemeleri ve geometrileri ile pilin etrafındaki bileşenlerin maksimum ısı transferine izin verecek şekilde tasarlanmasıyla yapılır. Bu şekilde soğutulan piller, alüminyum gibi ısıl iletkenliği yüksek bir malzemeden aldığı ısıyı ortama aktararak sabit bir sıcaklıkta kalabilecektir. Bu yöntem aynı zamanda heat pipe cooling olarak da adlandırılır. Bu yöntem ucuz olsa da zorlu çevre şartlarında ve kullanım koşullarında yetersiz kalacaktır. Aktif termal kontrolde, ısı hücrelerden zorlanmış akış yoluyla uzaklaştırılır. Bu akışkan sıvı fazda olabilir, faz değiştiren maddelerden (PCM) olabilir veya hava olabilir. Hava soğutmalı sıcaklık kontrol sisteminde batarya mahfazasına yönlendirilen hava soğutulur veya ısıtılırken, kapalı devre sistemlerde ısı kontrol için kullanılan, üzerinde kanallar bulunan bir sac içinde sıvı fazındaki bir akışkan sirküle edilir. Soğutma sıvısı ile soğutulan Chevrolet Bolt aracında da bu kanallı sac parça üzerinde termal pad kullanılması uygun görülmüştür. Bu termal bariyerler aynı zamanda bir önceki bölümde bahsedilen modüller arasında bir boşluk oluşturmakta ve böylece ısıl sürüklenmeye karşı önlem alınmaktadır. Diğer tasarım çözümleri, silindirik hücrelerin kullanıldığı pillerde kullanılmaktadır. Bu tasarımlardan biri de Trumony şirketi tarafından geliştirilen alüminyum malzemeden üretilen kanallı duvar yapısıdır. Bu sistemde akışkan kanal içerisinde döndürülür ancak bu kanal yatay bir sac parçasında değil, hücreleri saran bir bariyer içerisinde yer almaktadır.

## Sonuç

Çevreci endişeler ve yasal zorunluluklar sebebiyle elektrifikasyon sürecini hızlandırın otomotiv sektöründe elektrikli araçların en kritik parçalarından olan bataryaların araçlara güvenli ve verimli bir şekilde entegrasyonunun sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmada da görülmüştür ki batarya paketlerinin tasarımı ve yerleşiminde çok farklı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bu zorluklar çalışmada mekanik, yapısal ve termal tasarım başlıkları altında incelenmiştir. Her

başlık altında tasarım zorluklarının yanı sıra bu konuda seri üretime geçmiş fikirler ve patentler değerlendirilmiştir.

## Kaynaklar

1. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (1997). In *Kyoto Climate Change Conference*.
2. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). (2015). In *Paris Agreement*.
3. *A European Green Deal*. (2021, July 14). European Commission. [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-024/european-green-deal_en)
4. *Press corner*. (n.d.). European Commission - European Commission. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda\\_22\\_6496](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_22_6496)
5. *Reducing car emissions: new CO2 targets for cars and vans explained | News | European Parliament*. (2022, June 9). <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20180920STO14027/reducing-car-emissions-new-co2-targets-for-cars-and-vans-explained>
6. Yao, G., Du, C., Ge, Q., Jiang, H., Wang, Y., Ait-Ahmed, M., & Moreau, L. (2019). Traffic-Condition-Prediction-Based HMA-FIS Energy-Management Strategy for Fuel-Cell Electric Vehicles. *Energies*, 12(23), 4426. <https://doi.org/10.3390/en12234426>
7. Wang, D. Y., Wei, C. Y., Lin, M. C., Pan, C. J., Chou, H. L., Chen, H. A., Gong, M., Wu, Y., Yuan, C., Angell, M., Hsieh, Y. J., Chen, Y. H., Wen, C. Y., Chen, C. W., Hwang, B. J., Chen, C. C., & Dai, H. (2017). Advanced rechargeable aluminium ion battery with a high-quality natural graphite cathode. *Nature Communications*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/ncomms14283>
8. Chen, S., Yang, X., Zhang, J., Ma, J., Meng, Y., Tao, K., Li, F., & Geng, J. (2021). Aluminum–lithium alloy as a stable and reversible anode for lithium batteries. *Electrochimica Acta*, 368, 137626. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2020.137626>
9. *Types Of Electric Vehicles*. (n.d.). <https://e-amrit.niti.gov.in/types-of-electric-vehicles>
10. Hofman, T. (2014). Hybrid drive train technologies for vehicles. *Alternative Fuels and Advanced Vehicle Technologies for Improved Environmental Performance*, 567–581. <https://doi.org/10.1533/9780857097422.3.567>
11. Ernst, C. S., Hackbarth, A., Madlener, R., Lunz, B., Uwe Sauer, D., & Eckstein, L. (2011). Battery sizing for serial plug-in hybrid electric vehicles: A model-based economic analysis for Germany. *Energy Policy*, 39(10), 5871–5882. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2011.06.038>
12. Budde-Meiwes, H., Drillkens, J., Lunz, B., Muennix, J., Rothgang, S., Kowal, J., & Sauer, D. U. (2013). A review of current automotive battery technology and future

- prospects. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 227(5), 761–776. <https://doi.org/10.1177/0954407013485567>
13. DeMorro Ch., 99.99% Of Nissan LEAF Batteries Still In Operation, Clean Technica, [www.cleantechnica.com](http://www.cleantechnica.com), 03.2015.
  14. Zwicker, M., Moghadam, M., Zhang, W., & Nielsen, C. (2020). Automotive battery pack manufacturing – a review of battery to tab joining. *Journal of Advanced Joining Processes*, 1, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.jajp.2020.100017>
  15. Samaddar, N., Senthil Kumar, N., & Jayapragash, R. (2020). Passive Cell Balancing of Li-Ion batteries used for Automotive Applications. *Journal of Physics: Conference Series*, 1716(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1716/1/012005>
  16. Arora, S., Shen, W., & Kapoor, A. (2016). Review of mechanical design and strategic placement technique of a robust battery pack for electric vehicles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 1319–1331. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.03.013>
  17. Shijian, Z. Clinton, H. Frances, A. (2009). U.S. Patent No. US 7,507,499 B2.
  18. Iwasa, M. et al. (2013). U.S. Patent No. US 8,561,743 B2.
  19. Oya, T. (2013). U.S. Patent No. US 8,580,427 B2.
  20. Hu, S., Ma, Z. D., Qi, C., & Ding, Y. (2013). Front Rail Crashworthiness Design for Front Oblique Impact Using a Magic Cube Approach. *SAE International Journal of Transportation Safety*, 1(1), 100–113. <https://doi.org/10.4271/2013-01-0651>
  21. Mathews et al. (2006). U.S. Patent No. US 7,070,015 B2.
  22. Charbonneau et al. (2014). U.S. Patent No. US 8,702,161 B2.
  23. Shahid, S., & Agelin-Chaab, M. (2022). A review of thermal runaway prevention and mitigation strategies for lithium-ion batteries. *Energy Conversion and Management: X*, 16, 100310. <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100310>
  24. Hermann, W. (2013). U.S. Patent No. 8,481,191 B2.
  25. Frey, P. Grace, D. (2014). U.S. Patent No. US 8,663,824 B1.



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

**Immunotherapy of Breast Cancer: Development of Polymer-Based  
New Nano Formulations in Combination with Survivin Recombinant  
Protein**

(Sahar Dinparvar, Emrah Sefik Abamor, Sedanur Oztav, Tugba gul Inci, Dilek Balik , Adil M  
Allahverdiyev, Malahat Baghirova)

## Immunotherapy of Breast Cancer: Development of Polymer-Based New Nano Formulations in Combination with Survivin Recombinant Protein

Sahar Dinparvar<sup>1</sup>, Emrah Sefik Abamor<sup>2</sup>, Sedanur Oztav<sup>3</sup>, Tugba gul Inci<sup>4</sup>, Dilek Balik<sup>5</sup>, Adil M Allahverdiyev<sup>6</sup>, Malahat Baghirova<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Yildiz Technical University, department of Bioengineering, Istanbul  
E-mail: saharr19933@gmail.com

<sup>2</sup>Yildiz Technical University, department of Bioengineering, Istanbul  
E-mail: esabamor@gmail.com

<sup>3</sup>Yildiz Technical University, department of Bioengineering, Istanbul  
E-mail: sedanuroztav@gmail.com

<sup>4</sup>Yildiz Technical University, department of Bioengineering, Istanbul  
E-mail: tgulinci@gmail.com

<sup>5</sup>Yildiz Technical University, department of Bioengineering, Istanbul  
E-mail: dilekbalik@gmail.com

<sup>6</sup>V. Akhundov Scientific Research Medical Preventive Institute  
Baku, Azerbaijan Republic E-mail: adilmoglu@gmail.com

<sup>7</sup>V. Akhundov Scientific Research Medical Preventive Institute  
Baku, Azerbaijan Republic E-mail: dr.melahatb@gmail.com

**Abstract:** Nanoparticles have been shown to demonstrate superior physical, mechanical, chemical, and optical properties due to their high surface area and nanoscaled size. Therefore, nanomaterials offer tremendous possibilities and great hope for precise medicine of the 21st century. Breast cancer is one of the most common diseases among women worldwide. Surgery, chemotherapy, and radiotherapy are traditional and most preferred treatment strategies for the majority of cancers. Despite their success in the earlier stages of cancer, it is not always possible to get favourable outcomes during the later stages. One of the largest drawbacks of chemotherapy is the high non-specific toxicity of anticancer drugs causing toxic effects also on healthy cells. Another drawback of conventional chemotherapy is the rapid excretion of anticancer drugs from the organism. There are combination therapy studies in the literature related to immunotherapy of breast cancer using survivin and alum adjuvant but to our best knowledge there is no study to focus on immunotherapeutic features of this combination with PCL polymeric nanoparticles. Therefore, objective of this study is development of a new polymer-based formulation containing survivin recombinant protein and alum adjuvant for immunotherapy of breast cancer. For this purpose, MCF-7 breast cancer cells antigen are prepared by the Freeze-thawing method. Antigen and doxorubicin-loaded PCL nanoparticles formulated by double emulsion solvent evaporation method and physicochemical features characterized by dynamic light scattering (DLS) and scanning electron microscopy (SEM). Formulated NPs combined with survivin (RP) and alum adjuvant, prepared formulations were exposed in different concentrations (5, 10, 25, 50, 100) with J774 macrophage cells to determine cytotoxicity. Nitric oxide (NO) assay was performed to determine the nitrite level that stimulates by nanoformulations in a combination of RP and adjuvant. According to DLS and SEM results, NPs were in sphere form and had a scale of 200-250nm. MTT assay showed that formulated NPs didn't have a significant toxic effect on the J774 cell line and cells had more than 80% viability in all concentrations while the free form of doxorubicin (DOX) at the same concentrations showed highly toxic effect on macrophage cell lines. NO results demonstrated that NPs in a combination of RP and adjuvant stimulates J774 cells to produce more NO in compare with control group. In vitro results revealed that PCL nanoparticles in

*combination with survivin RP and adjuvant are highly promising for immunotherapy of breast cancer in the future.*

**Key words:** *breast cancer, immunotherapy, nanoparticular delivery systems, survivin recombinant protein*

---

insac



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

**Bruselloz'a Karşı Antijen Yüklü Polimer Temelli Nanopartiküler Aşı  
Adaylarının Geliştirilmesi**

(Sedanur Öztav, İlkül Akmayan, İrem Çoksus, Serap Acar Derman, Tülin Özbek Arasoğlu,  
Emrah Şefik Abamor)

## Bruselloz'a Karşı Antijen Yüklü Polimer Temelli Nanopartiküler Aşı Adaylarının Geliştirilmesi

Sedanur Öztav<sup>1</sup>, İlgül Akmayan<sup>2</sup>, İrem Çoksu<sup>3</sup>, Serap Acar Derman<sup>4</sup>, Tülin Özbek Arasoğlu<sup>5</sup>, Emrah Şefik Abamor<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü, E-mail: sedanuroztav@gmail.com

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, E-mail: ilkgul34@gmail.com

<sup>3</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü, E-mail: iremcoksu@gmail.com

<sup>4</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü, E-mail: serapacar5@gmail.com

<sup>5</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, E-mail: arasoglu@yildiz.edu.tr

<sup>6</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi Biyomühendislik Bölümü, E-mail: esabamor@gmail.com

**Özet:** Bruselloz hayvancılıkta ciddi kayıplara sebep olan zoonotik bir hastalıktır. Ülkemizde Bruselloz'a karşı koruma oluşturulması amacıyla S19 aşısı kullanılmaktadır fakat S19 aşısı büyükbaş hayvanlarda abortus gibi istenmeyen durumlara sebep olduğundan yeni aşı geliştirme çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada da *Brucella abortus* bakterisine karşı aşı geliştirilmesine zemin hazırlanması amacıyla *Brucella abortus* Omp25 proteininin, ilk kez elde edilmiş olan *Brucella abortus* EipB proteininin ve bu proteinlerin PLGA (poli(laktik-ko-glikolik asit)) ile nanopartikül haline getirilmiş formülasyonlarının *in vitro* immünostimulan etkinlikleri incelenmiş ve *in vivo* hümmoral yanıtı indüklenme düzeyleri ölçülmüştür. Bu amaçla, *in vitro* çalışmalar kapsamında nitrik oksit tayini yapılmış, MTT (3- (4,5-dimetiltiyazol-2-il) -2-5-difeniltetrazolyum bromür) ile sitotoksosite analizi gerçekleştirilmiştir. RAW-264.7 fare makrofaj hücreleri üzerinde sitotoksik etki göstermeyen Omp25 proteini için 16 µg/ml, EipB proteini için 64 µg/ml konsantrasyonları *in vivo* çalışmalarda BALB/c farelere kas içinden enjekte edilmiştir. 4'er hafta arayla enjeksiyon yapılmış ve her enjeksiyondan önce farelerin mandibular veninden kan alınıp, santrifüj yapılmıştır. Santrifüj neticesinde elde edilmiş olan serumlardan ELISA (Enzyme-Linked Immunosorbent Assay) yöntemiyle antikor tayini gerçekleştirilmiştir. 4. enjeksiyonun akabinde antikor miktarlarında kontrol grubuna göre anlamlı düzeyde artış görüldüğünde *Brucella abortus* bakterisi, koruma deneyi için farelere periton içinden enjekte edilmiştir. 4 hafta sonra fareler sakrifiye edilmiş ve koruma deneyi sonuçları için dalakları kanlı ağara ekilmiştir. Mevcut koloni sayılarına göre rekombinant protein formülasyonlarının *Brucella abortus*'a karşı koruyuculuk düzeyi ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre hem serbest halde protein hem de protein yüklü PLGA nanopartikülleri ile immünize edilen farelerin dalaklarından elde edilen kültürlerde bakteri koloni sayısının kontrol grubuna göre anlamlı bir düşüş gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu durum immünizasyonda kullanılan formülasyonların koruyuculuk düzeylerinin oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar Omp25 ve EipB proteinlerinin ve bu proteinler ile hazırlanan nanoformülasyonların güçlü bir şekilde immünostimulan ve koruyucu etkinlik gösterdiğini açığa çıkarmıştır. Elde edilen sonuçlara göre uygulanan formülasyonların gelecekte Bruselloz'a karşı aşı adayı olarak kullanılma potansiyellerinin oldukça yüksek olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** nanopartikül, *in vivo*, *brucella abortus*, protein

insac



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Küresel Ürün ve PLM'nin Küresel Ürüne Etkisi

(Nesibe Sibel Akbulut)

## Küresel Ürün ve PLM'nin Küresel Ürüne Etkisi

**Nesibe Sibel Akbulut**

Volt Elektrik Motorları

Sibel.AKBULUT@voltmotor.com.tr

**Özet:** Küresel ürüne sahip olan firmaların pazarda rekabet edebilmeleri ve rakip firmaların önünde olabilmeleri açısından zorluklar yaşamaktadır. PLM (Ürün Yaşam Döngüsü) modüler yapısı ile küresel ürüne sahip firmaların süreçleri etkin yönetilebilmektedir. Üretici firmaların küresel ürün elde edebilme ve küresel ürüne sahip olduktan sonra rekabetçi pazarda lider olabilmeleri açısından zorluklar yaşamaktadır. Ürün Yaşam Döngüsü uygulamaları ve/veya yazılım programlarını elinde bulunduran üretici firmalar; finansal performans ile pazara ilk girebilen ürün avantajı sağlayabilme, ürün maliyetlerinde iyileştirmeler yapabilme, mühendislik değişiklik süreçlerini etkin yönetebilme, ürün kalite süreçlerinde iyileştirmeler ile kusurlu üretim süreçlerine sahip ürünler-hasarlı ürünler ve müşteri şikayetlerine sebep açan durumları azalmasına olanak sağlamaktadır. Ürün yaşam döngüsü ile küresel ürünlerde iş geliştirme faaliyetleri yapılarak yenilikçi ürün elde edebilme hızı rakip firmalara göre daha önde olabilmektedir. Uluslararası pazarlarda önemli yer tutan küresel ürünlerin rekabetçi Pazar ortamında kalabilmeleri açısından birtakım değişiklikler (renk, boyut, stil, ürün içeriği...) üzerinden değişiklikler yapması gerekmektedir. Değişikliklerin yönetilmesi ve etkilediği alanların belirlenebilmesi için Ürün Yaşam Döngüsü ile değişiklik süreçlerinin yönetilmesi gerekmektedir. Ürünün fikir aşamasından pazardan çekilmesine kadar geçen süreçte tüm bilgilerin ve süreçlerin entegre ve etkin yönetilmesine olanak sağlayan Ürün Yaşam Döngüsü ile küresel ürünlerin değişiklik kararları rekabetçi Pazar ortamında zamanında ve doğru şekilde yürütülebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Küresel Ürün, Küreselleşme, PLM

### Giriş

Küresel ürünler genellikle farklı sürümleri, renkleri ve boyutları olan ürünlerdir. Dönemsel olarak yeni sürümleri piyasaya sunulan ve Uluslararası etkinliklerde özel tasarımları olabilen ürünlerdir.

Küresel Ürünler tüketici tarafından tercih edilen, bilinen ve desteklenen ürünler olabilir, bu durumda genellikle dünya çapında tüketiciler tarafından bilinen marka adına sahiptir.

Küresel ürünler tüketiciler tarafından beğenilen, hayatların her alanlarında güvenle kullanılabilen ürünlerdir, tüketicilerin kullanımını sağlayarak iyi hissetmelerini sağlamaktadır.

Küresel Ürün, aşağıdaki özelliklere sahip üründür:

- Tüm dünyada satın alınabilir ve kullanılabilir
- Tüm dünyada korunur ve desteklenir

Küresel Ürün, aşağıdaki özelliklere göre üretilmiş bir üründür:

- Dünyanın birçok yerinde geliştirilir ve tasarlanır
- Dünyanın birçok yerinde malzeme ve parçalardan bir araya getirilir.

## Küresel Ürün

Küresel Ürünler tüketicilere büyük fırsatlar sunar. Daha öncesinde erişim olmayan ürünlerin milyarlarca insanların faydalanmasına olanak sağlar. Şirketlerin 6 milyardan fazla kullanıcı bulunan ürünleri pazara sunmalarını sağlar.

Küresel ürünlerin piyasada satış ve kar fırsatları yüksektir; bir yandan da potansiyel olarak risklere sahiptir. Son zamanlarda küresel özelliği barındıran şirketlerin satış ve kar fırsatları yüksek olmaktadır. Geçmişte birçok şirket uluslararası veya çok uluslu olmasına rağmen, yalnızca birkaçı dünya çapında bir ürün sunabildi. Sebebi de küresel ölçüde önem taşıyan ülkelerin iç ve dış kaynaklı ekonomik, politik, kültürel sorunlar ile mücadele etmesidir. (Çin, Hindistan, Sovyet Rusya...)

Küresel ürün bulundurmaya isteyen şirketler için, potansiyel pazar bölgesel pazardaki ürün için birkaç yüz milyon müşteri değil, dünya çapında 6 milyardan fazla müşteridir. Bu, birçok şirket için potansiyel pazarın şimdiden öncekinden 20 kat daha büyük (Resim:1) olduğu anlamına geliyor.



Resim 1: Pazarın yıllar içinde beklenen büyüme hızı

Küresel ürünlerin sunduğu fırsatlar, binlerce çalışanı olan birkaç büyük şirketle sınırlı olmamakla birlikte onlarca veya yüzlerce çalışanı olan küçük ve orta ölçekli şirketler için de mevcuttur. Küçük ölçekli şirketler, ürününü doğrudan dünya çapındaki son kullanıcılara ve tüketicilere satabilir. Alternatif olarak, ürünlerini, müşterilerine sunduğu ürünlere dahil edecek, dünya çapında faaliyet gösteren daha büyük bir şirkete tedarik edebilir.

## Küresel Ürün Zorlukları

Küresel ürünler potansiyel müşterilere kolay ulaşılabilir ürünlerdir. Hayatın her yerinde kolaylıkla görülebilir, karşılaşılabılır ve duyulabilirlerdir. Tüketiciler küresel ürünleri mutlu, sağlıklı ve güzel insanlar tarafından kullanıldığını düşünmektedirler ve deneyimlemek isterler. Ürünü deneyimlemek için para ödemeye isteklidirler. Küresel ürünler kolaylıkla ulaşılabilir, belgeleri ve talimatları tüketicilerin ana diline göre düzenlenmiştir.

Küresel ürünler ülkelerin coğrafi koşullarına, diline, dinine ve kültürüne uygun olarak düzenlenmişlerdir. Tüketicileri rahatsız eden, tehdit eden simge ve unsurlardan oluşmazlar. Dünyanın her yerinde tüketicinin sahip olmak istediği ürün olmak isterler.

Küresel ürünlerin müşterileri ve tüketicileri kullandıkları ürünün küresel ürün olduğunun farkında bile olmayabilir. Ürünün nasıl geliştirildiği, üretildiği ve pazara sunulduğu ile ilgilenmeyebilir. Üründen sadece beklenildiği özelliklere sahip olması istenilmektedir.

Şirketlerin gözünden küresel ürünlerin zorlukları:

- Ürün geliştiren, pazarlayan, üreten ve/veya destekleyen şirketlerin Küresel Ürünler fırsatına sahip olmaları isteniyorsa aşağıdaki bilgilerin netleştirilmesi gerekir:
- Bu tür ürünlerin sunulduğu coğrafi Pazar bilgileri, büyüklükleri bilinmesi gerekir.
- Yeni bir Küresel Ürünü dünyanın her yerine aynı anda mı tanıtılması yoksa onu önce bir pazarda, sonra diğerlerinde mi tanıtılması netleşmelidir.
- Her yerde müşteriye doğrudan mı satmalı yoksa üçüncü şahıslar aracılığıyla mı satış yapılması gerektiği bilinmelidir. Bazı ülkelerde doğrudan, diğerlerinde üçüncü şahıslar aracılığıyla mı satış olmalıdır. Her yerde müşterilere doğrudan destek mi sağlanmalı yoksa üçüncü taraflar aracılığıyla mı destek verilmelidir? Web üzerinden satış yapılmalı kararlaştırılmalıdır.
- Her yerde aynı fiyata mı sahip olunmalı yoksa fiyatı her pazara göre mi ayarlanmalıdır? Fiyat birimi firmanın kullandığı Merkez Ofis para birimim mi yoksa müşterinin para biriminde mi verilmelidir? Her yerde aynı fiyata satış mı yapılmalı ve satışın dolar, Euro veya Yen olarak mı verilmelidir? Döviz kurları değiştiğinde neler olabilir, hangi fiyatları değişmelidir bilinmesi gerekir.
- Tüm dünyadaki müşteriler için tek bir ürün mü olmalıdır? Yoksa her kıta için farklı bir ürün mü olmalıdır yoksa her ülke için farklı bir ürün mü sunulmalıdır?
- Küresel ürünler satan firmalar için mimari yapısı ne olmalıdır, ürün modüler mi yapıda olması mı gerekir? Ürün modüllerine nasıl karar verilmelidir? Modüller arasındaki ara yüzleri nasıl tanımlanması gerekir yoksa ara yüzler ülkeye özel mi olmalıdır. Ürün platformları olmalı mıdır ve Platformlar modüllerle ilişkilmesi gerekir. Yerel özelleştirmelerle dünya çapında satılabilecek bir temel ürün olmalı mıdır? Dünya çapında satılabilecek bir ürün yapılması durumunda, aynı ürünü yapabilen dünyadaki diğer şirketler üzerinde pazar liderliğini nasıl sürdürülebilir? Firmaların yetkinlikleri arasında hangi özellik rakiplerden farklı ya da önde olması gerekir?
- Küresel Ürünleri nerede geliştirmeli ve en iyi tüketici toplumunu bir araya getirip onlara dünyanın en iyi araçlarını sunabilecek tek bir yerde mi bulunmalıdır? Pazara daha yakın olabilmek için, her yerde sınırlı kaynaklar anlamına gelse de birkaç bölgesel lokasyonda gelişme yaşanmalı mıdır? Ürünü tek bir yerde geliştirip ardından aynı sürümü dünya çapında mı sunulması gerekir yoksa tek bir yerde geliştirmeli ve ardından bu gelişmeyi dünyanın farklı yerlerinde mi yerleştirimi yapılmalıdır. Diğer yandan tüm lokasyonlar, daha sonra yerel varyasyonlarla üretilebilecek ortak bir ürün geliştirmek için birlikte mi çalışması daha uygun olur. Uzak yerlerdeki müşteriler için ne geliştirilmesi gereken alanın bilinmesi nasıl yapılmalıdır. Hangi geliştirme projelerinde çalışılması gerektiğini nasıl bilinmelidir.

Farklı lokasyonlarda, farklı yönetim yapılarına sahip şirketleri içeren geliştirme projelerini nasıl yönetilmelidir.

- Ürünler kendi bünyemizde mi üretilmesi daha uygun olmalıdır yoksa kendi firmalar ürünleri kendi bünyelerinde mi toplamalıdır? Tüm üretimlerde düşük maliyetli bir ülkede kurulması gereken yeni bir yan kuruluşu mı taşınması daha uygun olur. Üretimi dışarıdan yapılması daha avantajlı bir durum mudur?
- Her zaman tercih edilen tedarikçiler ile mi çalışılmalıdır, yoksa her zaman en düşük maliyet temelinde mi seçim yapılması gerekir. Döviz kuru değişikliklerinin bir sonucu olarak, başka bir tedarikçi daha önce tercih edilen düşük maliyetli bir tedarikçiden daha düşük maliyetli hale gelirse nasıl yol izlenmelidir. Tasarım, gelişim ve pazarlama faaliyetleri dışarıdan temin edilmesi gerekir. Hangi faaliyetler dış kaynak kullanılmalı, neleri üretici firmalar içinde tutması gerekir?
- Dünyanın dört bir yanındaki müşteriler ürünler hakkında bilgileri nasıl olması gerekir, bilgilendirmeler hangi dilde olması gerekir.
- Bilgilendirmeler nasıl yapılması gerekir, Web üzerinden, televizyon, dergiler, gazeteler, reklam panolarında mı bilgilendirmeler yapılması gerekir.

### **Pratik Hususlar ve Potansiyel Riskler**

Küresel ürünler, milyarlarca müşteri, büyük ölçüde artan satışlar ve büyük ölçüde artan kar fırsatı sunar. Şirketler için dünya çapında ürün geliştirmek ve desteklemek, milyarlarca dolarlık satış hacimlerine sahip olmanın riskleri de vardır. Şirketler için ters giden durumların olması durumunda milyarlarca potansiyel müşteri için sorun olabilir ve bu durum satışın olmaması ile birlikte şirket çalışanların işini kaybetmesine engel olabilir.

Küresel ürünlerin ömrü boyunca herhangi bir zamanda problemler ortaya çıkabilmektedir. Yaşanan problemler proje aşamasında, seri üretimde bazen de son kullanıcı da sorun olabilmektedir. Yaşanan problemler, ürün fikir aşamasında ortaya çıkabilmektedir ya da bazen ürünün ömrünün sonunda olabilmektedir. Küresel ürünler için bu tür sorunların oluşmamasını sağlamak büyük bir zorluktur.

### **Küresel Ürünlerde Değişim**

Küresel ürünlerin fırsatlarını ve potansiyel sorunlarını anlamak, sorunları çözebilmek ve çözümleri geliştirmek kolay olmamaktadır. Küresel ürünün kullanılacağı pazarın ve hedef kitle özelliklerini iyi bilmek gerekmektedir; böylece yaşanan problemlerin üstesinden gelmek ve fırsat oluşturabilmektedir. Gerekli çözüm yolları elde etmenin zorluğunun nedenleri arasında, küresel ürün ortamındaki yüksek düzeyde karmaşıklık ve değişim yer almaktadır.

Ürün çeşitliliğinin artması ve sürümlerin, tasarımların, boyutların değişmesi ile birlikte yeni ürünlere ihtiyaç duyulmaktadır. Yeni ürünler arttırılması ile birlikte karmaşıklık artmaktadır. Şirketler tek bir ürün satması durumunda; tam olarak kaç tane ürün üretip satacağını planlayabilir, küresel nüfus arttıkça Pazar büyüklüğü de doğru orantılı olarak artacaktır. Tek bir ürün ile piyasa da küresel konumda yer alan şirketler deneyim eğrisinden aşağı indikçe, maliyetleri azaltabilecekleri ve kârları arttırırlardı.

Şirketlerin karşılaştığı değişiklikler arasında artan ürün değişiklikleri, küreselleşme, jeopolitik gelişmeler, sosyal ve sağlık sorunları, değişen iş modelleri, gelişmiş telekomünikasyon, ulaşım ve seyahat, yeni teknolojiler, yeni IS uygulamaları, yeni şirket yapıları, yeni müşteri gereksinimleri, ürünlerdeki değişiklikler, hissedar etkileri, finansal piyasa etkileri, düzenleme, çevresel kaygılar ve sürdürülebilir kalkınma konuları yer almaktadır.

### **Küresel Ürünlerde Karmaşıklık**

Küresel ürün sunan şirketler değişiklikleri yönetmekte zaman zaman zorluk yaşayabilmektedir. Bazı durumlarda değişiklikler iç içe geçebilmektedir. İç içe geçen değişiklikler ile ürün ortamı karmaşıklaşmaktadır; bu durum değişikliklerin ne olduğu, neden değişikliğin yapıldığı ve değişikliğin şirketi ile ürünü nasıl etkilediği zorlaşmaktadır.

Değişikliklerin olması bazen şirketler için fırsatlar yaratmakla birlikte bazen de sorun yaratabilmektedir. Bazı durumlarda yapılan bir değişikliğin ileride daha fazla değişimin sebebi olabilmektedir. Yapılan değişiklikler; değişimlerin ve dönüşümlerin kaynağı olabilmekte ve giderek cevapların verilemeyeceği zor durumlara yol açabilmektedir.

Değişiklikler ile birlikte oluşan riskler yalnızca bir bileşen veya ortam üzerinde yönetimi kolay olabilmektedir. Çoğu zaman değişiklikler arkasında değişimleri getirmesinden dolayı riskler artmaktadır ve yönetimi zorlaşmaktadır.

Küresel ürüne sahip olan şirketlerin karşılaştığı sorun yaratan zorluklar:

- Küreselleşme
- Dış kaynak kullanımı, çok sahalı faaliyetler
- Kurumsal yeniden yapılanma
- Çok kültürlü, çok dilli ortamlar
- Artan ürün/çözüm/hizmet karmaşıklığı
- Hissedarın değeri artırma talepleri
- Toplu özelleştirme ve kişiselleştirme
- Mobil iletişim
- Ürün izlenebilirliği
- Sürdürülebilir Kalkınma
- Geri dönüşüm direktifleri
- Bilgi sistemlerinin evrimi ve karmaşıklığı
- İşbirliğine dayalı ürün geliştirme
- Süreç odaklılık ve değişim mühendisliği
- Araç Kutusu Bilgi Sistemleri

### **Küreselleşme**

Şirketler için küreselleşmenin küçükte olsa etkisi birçok etkisi olabilmektedir. Olumlu etkilerin ürünlerin veya hizmetlerin dünya çapında bilinme olasılığını arttırmaktadır ve satma fırsatı sağlamaktadır.

Küreselleşmeye sahip şirketler yeni müşterileri kolaylıkla elde etme ve satış hacimlerini arttırma imkanlarına sahip olabilmektedir.

Küreselleşme ile birlikte küçük, orta büyüklükteki şirketlerin bile dahil olduğu rekabet ortamı oluşmaktadır. Rakip firmaların benzer ürünleri pazarda rekabet edebilmeleri için daha iyi maliyet/performans ile birlikte öne çıkarabildiği görülebilmektedir.

Küreselleşme ile birlikte şirketler birçok alanda müşterilerin ulaşabileceği konumda olabilmeye, müşteri beklentilerini anlayabilme ve birden fazla alan ve platformda ürün satabilme özelliğine sahip olmaktadır.

Şirketlerin farklı ülkelerdeki durumları anlayabilmeleri, ürünleri farklı ülkelerin genel kabul edebileceği küresel ürün düzeyine getirebilmeleri zor olmaktadır. Ürünleri farklı ülkelerin yönetmeliklerine uygun olarak uygun bir şekilde; teknik bilgi, parça ürün ve hizmet sağlayacak şekilde pazarda bulundurmaları gerekmektedir. Ürün fiyatlandırmasını da birçok farklı ülkeye göre düzenlemesi gerekmektedir. Küresel pazar için ürün üzerinde yapılan değişikliklerin ve yeni ürünlerin piyasada yer alabilmesini yönetimini iyi koordine etmeleri sağlamak zorunda olabilmektedir.

### **Küresel Ürünleri Etkinleştiren PLM**

PLM, bir ürün için fikir aşamasından, ürünün öldürülmesine kadar tüm yaşam döngüleri boyunca bir şirketin ürünlerini en etkili şekilde yönetmeyi, süreçleri koordine etmeyi sağlamaktadır. PLM sayesinde ürünün mevcut durumunu ve gelecekteki ürün değerini arttırmayı sağlar.

PLM, ürün kârını artırmayı, ürünle ilgili masrafları azaltmayı, ürün portföyüne genişlemeyi, değer katmayı ve hem müşteriler hem de hissedarlar için mevcut ve gelecekteki ürünlerin değerini en üst düzeye çıkarmayı sağlayan ticari bir faaliyettir. PLM, dolaylı olarak, zamanın azaltılması ve kalitenin iyileştirilmesi gibi şirkete ekonomik katkı sağlarken, finansal performansın iyileştirilmesine ilişkin iş hedeflerine de sahiptir.

PLM çözümleri tek başına birer amaç değildir, güçlü iş ve teknoloji yetenekleri ile işletmeler için katalizör görevi görür. PLM' in etkili faydası için iş süreçleri, organizasyon yapıları ve ilişkiler incelenmeli ve en iyi uygulamalar uygulanmalıdır. [1]

Küresel ürünlerin artması ile birlikte; ürünlerin kontrol altında tutmaları ve yaşam döngüleri boyunca her adımında koordineli yönetmek, önceden planlı bir şekilde, net biçimde ve stratejik olarak yapılması gerekmektedir. Öncesinde şirketler küresel ölçekte yer alan ürünleri bir şekilde ve bir dereceye kadar yaşam döngülerini yönettiler ama stratejik bir hedef olacak şekilde, sürdürülebilir hale getirmedi. Şirketler ürünlerin yaşam döngüleri boyunca nasıl biçimde yönetildiğini tam olarak açıklayamadılar. Şirketlerin bir dereceye kadar yönetebildikleri ürünlerin planlanmadığı, belgelendirilmediği ve süreçler kayıt altına alınmadığı için PLM ihtiyacı doğmaktadır.

### **PLM'nin Temel Özellikleri**

Ürünler için PLM'nin en önemli özelliklerinden biri bütünsel olmasıdır. Tüm ürünün süreçlerini birleşik yapıda incelemeyi sağlamaktadır.

PLM, bir ürünün yönetimine yönelik bütünsel bir yaklaşıma sahip olmakla birlikte; bu bütünsel yaklaşım, onu belirli bir bileşene odaklanan Ürün Veri Yönetimi (PDM) gibi atomistik faaliyetlerden ayrılmaktadır.

PLM ile ürün, dünyanın neresinde ihtiyaç duyulursa duyulsun yaşam döngüsü boyunca tutarlı ve birleşik bir şekilde yönetmektedir. PLM, her biri aynı ürüne hitap etse de kendi kelime dağarcığına, kurallarına, kültürüne ve diline sahip olan, daha önce ayrı ve bağımsız birçok süreci, disiplini, işlevi ve uygulamayı birleştirmektedir. Ürünün yaşam döngüsü boyunca kontrolü, ürüne dayalı stratejiler için gerekli bir temel oluşturmaktadır.

PLM, "ürüne" odaklanmaktadır ve ürünleri üreten ve destekleyen, ayrı üretime sahip çok çeşitli endüstrilerde uygulanmaktadır. PLM, mevcut ve gelecekteki ürünlerin değerini maksimize etmeye amaçlamaktadır.

PLM, sanal bir ortamda ürün oluşum sürecinin temel taşlarının oluşturulmasında çözümler sunmaktadır. PLM çözümleri, ürün geliştirme sürecinde ürüne bağlı geometrik ve fonksiyonel bilgileri, planlama ve karar verme süreçlerini ve bunlar ile ilgili veri akışının sorunsuz ve zamanında gerçekleşmesini destekler. Kısaca PLM sunmuş olduğu çözümler ile ürün geliştirme sürecinde doğru zamanda, doğru bilgilerin, doğru kişilere ulaşmasını sağlar. [2-3]

PLM'nin Uygulanabilirliği

PLM her büyüklükteki şirkette kullanılmaktadır. Farklı büyüklükteki şirketlerin belirli PLM gereksinimleri temelde aynıdır ama her firma için farklılık gösterebilmektedir.

Her büyüklükteki şirkette ürünler yönetilebilmektedir; ürün verileri bütünlük yapıda yönetilebilmeli, ürün geliştirme ve destek süreçleri yönetilebilmeli ve ürün verileri diğer kuruluşlarla değiş tokuş edilmelidir.

PLM'nin işlevleri şunları içerir:

- İyi yapılandırılmış ve değerli bir Ürün Portföyünün yönetilmesi
- Ürün Portföyünden finansal getiriye maksimize etmek
- Yaşam döngüsü boyunca ürünler üzerinde kontrol ve denetim sağlama
- Yaşam döngüsü boyunca ürünleri yönetme
- Ürün geliştirme, destek ve geri dönüşüm projelerini etkin bir şekilde yönetmek
- Müşterilerden, ürünlerden, saha mühendislerinden ve pazardan gelen ürünlerle ilgili geri bildirimleri yönetmek
- Tasarım ve tedarik zinciri ortakları ve müşterilerle iş birliğine dayalı çalışmayı mümkün kılmak
- Ürünle ilgili süreçleri tutarlı, birleştirilmiş, etkili ve yalın olacak şekilde yönetmek
- Ürün tanımı bilgilerinin yakalanması, güvenli bir şekilde yönetilmesi ve bütünlüğünün korunması ve ihtiyaç duyulduğu yerde, ihtiyaç duyulduğunda kullanıma sunulması

### PLM'nin Faydaları

PLM, ürünlerin yaşam döngüsünün başlangıcında daha hızlı pazarlanmasını sağlayarak, yaşamlarının ortasında kullanımları için daha iyi destek sağlayarak ve yaşam sonlarını daha iyi yöneterek ürün yaşam döngüsü boyunca faydalar sağlar.

Ürüne odaklanması ile şirketler 4 ana alanda PLM'e ihtiyaç duymaktadır:

- Finansal Performans – örneğin PLM, daha erken pazara girişten elde edilen gelir ve azaltılmış ürün geliştirme maliyetleri.

- Zaman Azaltma – PLM, örneğin proje taşıma süresini azaltmalı ve mühendislik değişim süresini azaltmalıdır.
- Kalite İyileştirme – PLM, örneğin; üretim süreci kusurlarını azaltın, iade sayısını azaltın ve müşteri şikayetlerinin sayısını azaltın.
- İş Geliştirme – örneğin, PLM yenilik oranında artışa yol açabilir, parça yeniden kullanım faktörünü artırabilir, ürün izlenebilirliğini artırabilir ve %100 konfigürasyon uyumluluğu sağlayabilir.

## Küresel Ürün ve PLM

Şirketlerde ürünlerin yaşam döngülerini bütünleşik yönetebilmek adına PLM vizyonu oluşturabilmek zor olabilmektedir. Mevcut durumda yapılan ürün süreçleri çalışmaları; PLM ile şirket hedefleri doğrultusunda ve ürünün rekabet edilebilirliği açısından yönetebilmesi çeşitli bileşenleri tanımlar ve bunları açıklamak için kullanılacak ifade türlerine ilişkin örnekler sağlamaktadır.

PLM vizyonunu oluşturabilmek için sürecin hemen başlanamayacağı bilgisi çalışanlara bildirilmelidir. PLM için şirket altyapısının uygunluğu, süreçlerin entegre edilebilmesi ve çalışanların benimsemesi uzun sürebilmektedir. Şirketlerin PLM vizyonun tüm çalışanların tarafından benimsenmesi ve ciddiye alınması beklenmektedir.

PLM vizyonu oluşturmada amaç; PLM'nin odağını, gereksinimlerini, kapsamını ve bileşenlerini şirketler için sürdürülebilmektir. PLM'nin temeli "ne, neden ve nerede" bilgilerini gösterebilmektir ve kararların alınabileceği bir çerçeve sağlamaktır

PLM vizyonu ile küresel ürünleri başarılı bir şekilde geliştirebilmek ve desteklenmesini sağlayabilmek için ürün yaşam döngüsü boyunca ihtiyaç duyulan tüm faaliyetlerin yürütülebilmesini sağlanmaktadır. İnsanlara PLM ile birlikte strateji belirleme ve planlama konusunda rehberlik edecek ve PLM'nin tüm çalışanlara yayılmasında yardımcı olabilmektedir.

Bir PLM Vizyonunun oluşturabilmesi için, yeni PLM Girişimi ile iyi bir başlangıç noktası seçilmesi faydalı olabilmektedir.

PLM Girişimi başında belirlenen vizyon ile PLM'nin kapsamı ve tanımı hakkında çalışanlar arasında anlaşmaya varılmasına yardımcı olacaktır. PLM Girişimi; strateji geliştirme, ayrıntılı planlama ve koordine etmeyi sağlayacaktır. Etkin PLM uygulamasını ve kullanımını sağlamak için çalışanların birlikte çalışmaya başlaması fayda sağlayacaktır.

PLM vizyonu oluşturmada yaşanan zorluklar:

- Ürün yaşam döngüsünde çalışma gösteren kişilerin iş hedeflerini ve gereksinimlerini karşılayan bir Vizyon oluşturmak kolay olamamaktadır. Zaman içerisinde vizyonun ne olacağı belirlenemez ve çalışanların ortak amacına dair açıklama yapılamaz.
- Bir şirket için Vizyonun nasıl görüneceğini önceden kimse bilemez, bu nedenle neyin hedeflenmesi gerektiğine dair ayrıntılı bir açıklama yapmak imkansızdır.
- Bu, PLM Vizyonu oluşturulduğunda süreç içerisinde zaman zaman sorunlar oluşabilmektedir. İlerlemeyi yavaşlattıkları için bu tür sorunlardan kaçınmak şirketler için önem taşımaktadır.

## Sonuç

İnsanların kolayca ulaşabilecekleri ve satın aldıkları zaman mutlu hissedeceği küresel ürünlerin yaşam döngüleri boyunca; planlı, stratejik kararlar ile değişikliklerin yapılması ve sürecin koordineli yürütmesi için PLM ihtiyaç duyulmaktadır.

PLM küresel ürünlerin tüm süreçlerini bütünlüklü biçimde ilerletmesini olanak sağlamaktadır. PLM, ürünün tasarımı, testi, konumu, durumu ve buna benzer daha kapsamlı bilgiler gibi tüm bir ürün veya ürün grubu hakkında kapsamlı genel bilgiler sunar. Ürün geliştirmeyle ilgili çeşitli faaliyetleri koordine etme ve öncesinde yapılabilecek birçok hatayı önleme yeteneği ve buna bağlı olarak şirketlere ürün sürecini daha iyi yönetme imkânı sağlar. Şirketlere daha iyi bir ürün anlayışı sunar ve değişen pazara daha hızlı yanıt verme imkânı verir. Bir PLM çözümünün kullanılması, ürünlerin kalitelerini, tasarımlarından ömürlerinin sonlarına kadar garanti edilmesi demektir. [4]

Küresel ürünlere sahip şirketlerin tüm çalışanlar için PLM vizyonunun oluşturulması ve PLM'nin anlaşılabilir olması fayda sağlayacaktır.

Tam metin teslimleri, Microsoft Word (.doc veya .docx) formatında, insackongre@gmail.com adresine form gönderimi yoluyla yapılacaktır. Değerlendirme sürecinin aksamaması için belirtilen teslim tarihinin aşılması ve bildiri tam metinlerinin aşağıda detaylı olarak açıklanan yazım-format kurallarına ve tam metin şablonuna uygun olarak hazırlanması önem arz etmektedir.

## Kaynaklar

- MediaWiki, "Wikipedia," 10 Mart 2020. [Online]. Available: [https://en.wikipedia.org/wiki/Product\\_lifecycle](https://en.wikipedia.org/wiki/Product_lifecycle).
- Stark J. 2016. "Product Lifecycle Management (Volume 2)". 10.1007/978-3-319-24436-5.
- Eigner M. 2014. "Product Lifecycle Management – An Introduction", International PLM Workshop "The Engineering Backbone for Product Development", 13 – 14 November 2014, İzmir / Turkey.
- Ötleş S., Yüce C. 2021. "Havacılık ve Savunma Sanayi için PLM" Otomasyon Dergisi. Sayı:57, 108-113.



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Improvement of the Speech Intelligibility in Classroom: Case Study

(Tark Serhat Bozkurt)

## Improvement of the Speech Intelligibility in Classroom: Case Study

**Tarik Serhat Bozkurt**

*Istanbul Technical University, Department of Architecture,  
E-mail: bozkurt@itu.edu.tr*

---

**Abstract:** *Ensuring the acoustic requirements of the classrooms used for educational purposes is an important parameter and affects the quality of education. In classrooms where acoustic comfort conditions are provided, the students understand the lessons more easily and the success of the students can increase. In this respect, it is essential to ensure the intelligibility of speech in classrooms. The intelligibility of speech in classrooms depends on the reverberation time of the space, the noise level reaching the interior from the exterior and the transmission of sufficient sound energy to the students. In this research, the acoustic requirements of a sample classroom are detailed and necessary improvements are suggested. An interior design has been proposed to increase the acoustic comfort conditions of the classroom. Thanks to the proposed interior design, the reverberation time results of the classroom met the requirements of the DIN18041 standard. The adequate façade sound insulation level of the analyzed class was provided in line with the proposed facade detail. Whether the sound energy reaching the receiver is sufficient or not has been examined in line with the AI (articulation index) parameter. To ensure speech intelligibility, the parameters examined were provided to meet the required levels, and the auditory comfort conditions of the classroom were improved in line with the proposed project. This study will help the acoustic design of buildings used for educational purposes and give an idea about what the acoustic requirements might be.*

**Keywords:** *Acoustic design, Auditory comfort conditions, Reverberation time, Speech intelligibility, Delayed reflection analysis*

---

### 1- Introduction

To increase the quality of education, auditory comfort conditions should be provided in the classrooms. To provide auditory comfort conditions in the classrooms, the necessary acoustic design conditions must be established. Classroom designs, which are carried out without considering the acoustic design parameters of comfort conditions, can be a big problem today. For this reason, the acoustic design parameters of a sample classroom were explained and summarized in this study.

Building noise regulations can be used to meet acoustic requirements in our country. In the building noise regulation, the maximum noise levels that should be indoors are explained. In addition, indoor maximum reverberation time values are defined depending on the function. Average levels are considered in the reverberation time analysis. In the building noise regulation, the recommended maximum average reverberation time for classrooms in Class C and D buildings is 0.8 seconds (average reverberation time values of frequencies which are 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, and 2000 Hz). It is stated in the building noise regulation that the reverberation time values to be used in Class A and B buildings will be decided by the acoustic

expert according to the international limit values. The necessity of making a more detailed analysis of the A group buildings that will be designed to have the highest acoustic comfort conditions is emphasized in the building noise regulation. The use of international standards has been suggested in building noise regulation to provide a high level of acoustic comfort conditions.

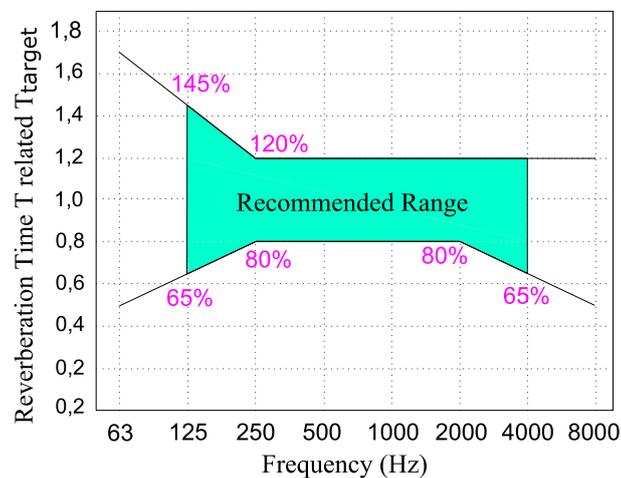
In the DIN 18041:2016 standard, the minimum and maximum reverberation time values are explained according to six different octave band frequencies, and the reverberation time values depending on the function type and volume analysis are clarified and detailed. In this research, the DIN 18041:2016 standard was used to analyze the reverberation time in classroom spaces in detail. According to the DIN 18041:2016 standard the optimum reverberation time can be calculated by using Equation 1 for places used for speech function.

$$T_{\text{TARGET}} = [0.32 \times \log[V] - 0.17] \text{ s} \quad (1)$$

$T_{\text{TARGET}}$  = optimum reverberation time of the hall for speech purpose

V = Volume of the hall

In the DIN 18041:2016 standard, the required maximum and minimum reverberation time intervals are defined according to the optimum reverberation time values. In line with the optimum reverberation time, the required maximum and minimum reverberation time intervals can be determined according to Figure 1.



**Figure 1.** Required reverberation time range according to the DIN 18041 standard (Nocke,2016; Bozkurt, 2022)

The reverberation time of a space is obtained in accordance with the volume of the room and the total absorption of the room. The formula for the reverberation time is given in Equation 2 (Long, 2006; Everest & Pohlmann, 2009). Reducing the volume of space and increasing the

overall absorbency of the room reduces the reverberation time. The total absorption of a room is obtained by using Equation 3.

$$RT = 0.161 \frac{V}{\Sigma A} \quad (2)$$

RT= reverberation time of a room (sec.)

V= volume of room (m<sup>3</sup>)

$\Sigma A$ = total absorption in the room (Eq. 3) (metric sabins).  $\Sigma A$  includes absorption provided by room boundaries, audience, furnishings, air, etc.

$$\Sigma A = ((\alpha_1 \cdot S_1 + \alpha_2 \cdot S_2 + \dots + \alpha_n \cdot S_n) + x \cdot V) \quad (3)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_n$  = sound absorption coefficients (For different surface based on material properties)

$S_1, S_2, S_n$  = respectively different room surfaces

x = air absorption coefficient

The fact that the reverberation time is within the ranges specified in DIN 18041 standard improves the auditory comfort conditions of the space. Keeping the reverberation time under control increases the intelligibility of speech. The intelligibility of speech is low in places with a high reverberation time and very humming. In this research, an example acoustic project proposal is presented to keep the reverberation time under control.

Delayed reflections in classrooms can damage auditory comfort conditions. Sounds reaching the receiver 30 milliseconds after the direct sound can reduce auditory comfort conditions. In this context, the examination of the delayed reflections was also carried out. Delayed reflection analyzes were carried out within the scope of the research using Equation 4 (Maekawa et al., 2011; Jaramillo, 2015).

$$ITDG = \frac{(R1+R2)-D}{0,344} \quad (4)$$

ITDG= Initial time delay gap ( $30 \geq ITDG$ )

R1= Distance between source and reflective panel (meter)

R2= Distance between reflector panel and receiver (meter)

D= Direct distance between receiver and source (meter)

To ensure the intelligibility of speech, the difference between the sound energy reaching the receiver from the speaker and the background noise of the room is examined. It is beneficial that the difference between the sound energy reaching the receiver from the speech and the background noise level is high. With the help of articulation index analysis, speech intelligibility analysis can be carried out. the intelligibility of speech can be examined with AI (Articulation Index) in the classroom, and the AI value was defined as very good between 1 and 0.7 in terms of speech intelligibility. The calculation of AI (Articulation Index) was given in Equation 5 (Mehta et al., 1999). Five different octave band frequencies, which are 250 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, and 4000 Hz, are considered in the calculation of AI (Articulation Index). After calculating separately for each frequency, the results of 5 different frequencies are summed to obtain the AI level.

$$AI = \text{Sum of } ((S-N \text{ ratio}) \times \text{weighting factor}) \quad (5)$$

AI= Articulation Index

S-N ratio = Signal Level -Noise Level (dB)

In AI (Articulation Index) analysis, the direct sound energy from the speaker is calculated with the help of Equation 6 (Mehta et al., 1999). In addition, in AI (Articulation Index) analysis, the sound energy reaching the receiver from the reflective surfaces can be calculated with Equation 7. The total signal level can be obtained from Equation 8 (Jaramillo, 2015).

$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \frac{D_2}{D_1} \quad (\text{For direct sound}) \quad (6)$$

$SPL_2$ = Sound pressure level (source) (dB)

$SPL_1$ = Sound pressure level (listener) (dB)

$D_2$ = The path length of the direct sound (meter)

$D_1$ = Distance of source (reference distance 1 meter)

$$SPL_2 = SPL_1 - 20 \frac{D_2}{D_1} + 10 \log(1 - \alpha) \quad (\text{For reflected sound}) \quad (7)$$

$SPL_2$ = Sound pressure level (source) (dB)

$SPL_1$ = Sound pressure level (listener) (dB)

$D_2$ = the path length of the reflected sound

$D_1$ = Distance of source (reference distance 1 meter)

$\alpha$  = sound absorption coefficient

$$L_t = 10 \log \left[ 10^{\frac{L_1}{10}} + 10^{\frac{L_2}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_n}{10}} \right] \quad (8)$$

$L_t$ = Total signal level (dB)

$L_n$ = Level of each source (dB)

Within the scope of the study, reverberation time analysis, analysis of delayed reflections and AI analysis (Articulation Index), and sound insulation analysis were carried out. An acoustic project proposal was clarified in detail in the acoustic project section.

## 2. Acoustic Project

Within the scope of the study, first of all, the current situation analysis was carried out. In line with the findings of the current situation analysis, suggestions for the acoustic improvement project were presented.

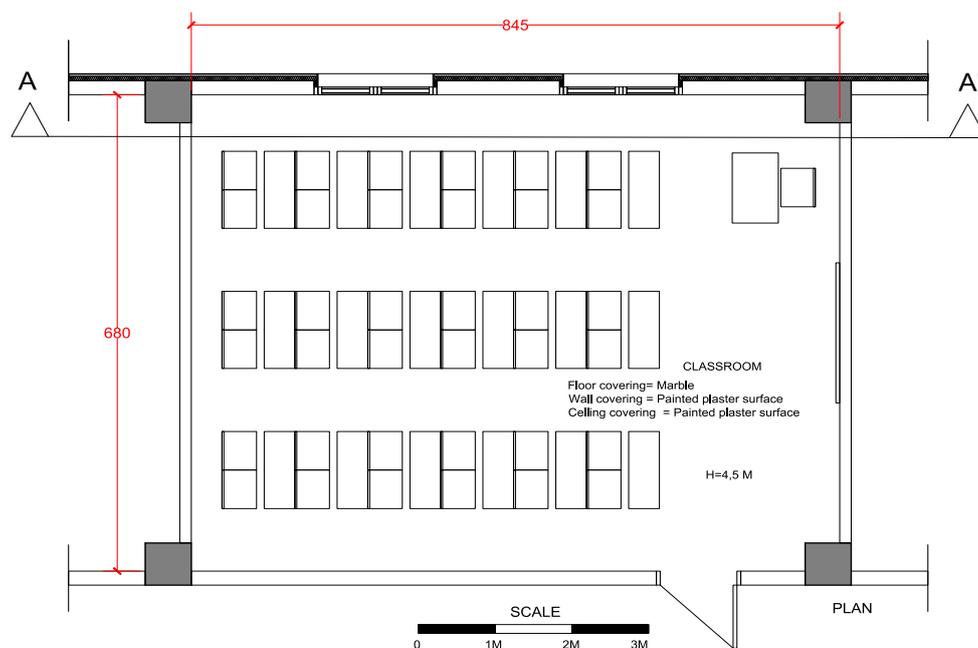
### 2.1 Before improvements suggestions (current state)

The plan drawing of the analyzed room was shown in Figure 2. In addition, the section drawing of the room was presented in Figure 3. Within the scope of the study, a current situation analysis was carried out primarily. The interior height of the analyzed room is 4.5 meters (Fig. 2, Fig. 3). The volume of the room is approximately 257 m<sup>3</sup>. The surfaces of the chosen classroom space exhibit the reflective character. The floor covering is marble (Fig. 2, Fig. 3). Ceiling and wall surfaces are painted plaster surfaces. The acoustic properties of the classroom space, which has

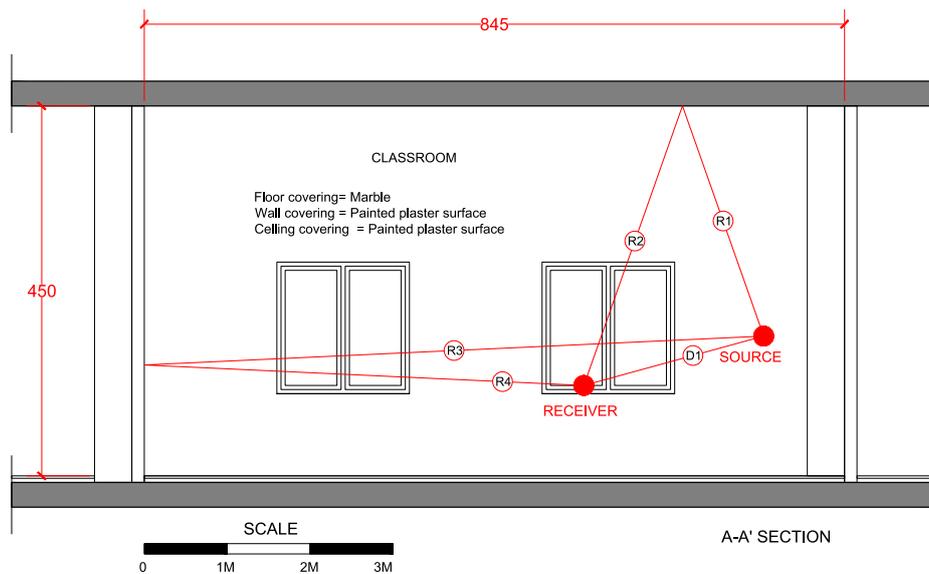
a high volume and reflective surfaces, were examined. Figure 3 (section A-A') shows the ceiling reflection and the rear wall reflection. Whether two reflections cause delayed reflections were analyzed according to Equation 4. It has been determined that the rear wall reflection may cause delayed reflection. In the new project proposal, it has been determined that the rear walls should be designed with absorber character. Reflection analysis results (before improvements) were presented in Table 1.

**Table 1.** Analysis of reflections (initial time delay gap) before improvements (according to Figure 3)

REFLECTION	EQUATION	CALCULATION RESULTS
CEILING REFLECTION	$\frac{(R1 + R2) - D1}{0,344} \leq 30 \text{ ms}$	$\frac{(2.97 + 3.60) - 2.25}{0.344} = 12,56$ $12,56 \leq 30 \text{ ms}$
REAR WALL REFLECTION	$\frac{(R3 + R4) - D1}{0,344} \leq 30 \text{ ms}$	$\frac{(7.78 + 5.31) - 2.25}{0.344} = 31,51$ $31,51 \not\leq 30 \text{ ms}$



**Figure 2.** Plan of the classroom (before improvement)



**Figure 3.** A-A' Section of the classroom (before improvement)

A reverberation time analysis of the current situation (before improvements) was carried out. It was carried out according to the situation when the room was empty (according to the situation where there were no students, no furniture and curtains). Reverberation time values calculated according to Equation 2 and Equation 3 were given in Table 2.

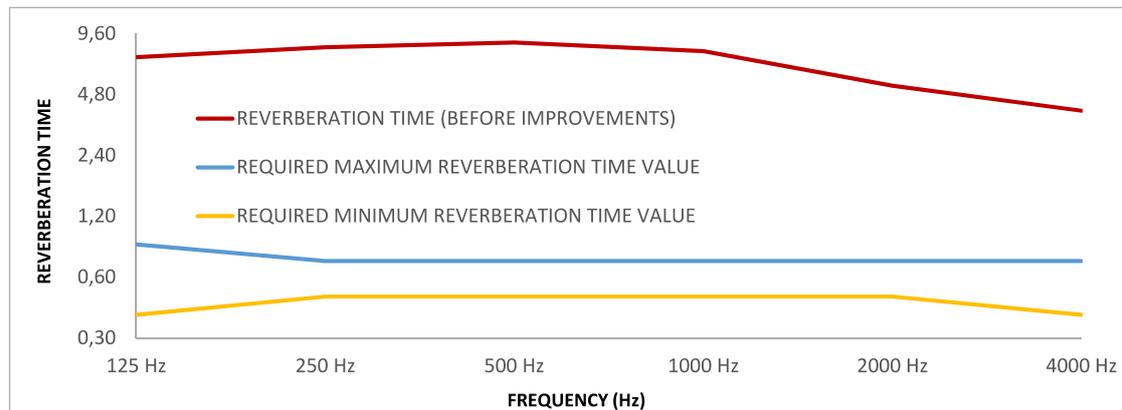
**Table 2.** Reverberation time results before improvements

PROPERTIES OF SURFACES		FREQUENCY (Hz)											
		125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
SURFACE TYPE	Area (m <sup>2</sup> )	$\alpha$	S. $\alpha$	$\alpha$	S. $\alpha$	$\alpha$	S. $\alpha$	$\alpha$	S. $\alpha$	$\alpha$	S. $\alpha$	$\alpha$	S. $\alpha$
Floor surface 1=Marble	57,1	0,01	0,57	0,01	0,57	0,01	0,57	0,02	1,14	0,02	1,14	0,02	1,14
Ceiling surface= Painted plaster surface	57,1	0,02	1,14	0,02	1,14	0,02	1,14	0,02	1,14	0,02	1,14	0,02	1,14
Walls surfaces 1= Painted plaster surface	126,71	0,02	2,53	0,02	2,53	0,02	2,53	0,02	2,53	0,02	2,53	0,02	2,53
Walls surfaces 2= Writing board	3,00	0,18	0,54	0,06	0,18	0,04	0,12	0,03	0,09	0,02	0,06	0,02	0,06
Walls surfaces 2= Wood Surface (Solid wooden door)	2,42	0,14	0,34	0,10	0,24	0,06	0,15	0,08	0,19	0,10	0,24	0,10	0,24
Walls surfaces 3= Double glazing	5,12	0,10	0,51	0,07	0,36	0,05	0,26	0,03	0,15	0,02	0,10	0,02	0,10
Air (not surface, volume - m <sup>3</sup> )	256,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	2,57	0,02	5,14
<b>Total absorption <math>\sum A</math> (sabins)</b>			5,64		5,03		4,77		5,26		7,79		10,36
<b>REVERBERATION TIME (RT= (0,161 V) / <math>\sum A</math>)</b>			<b>7,34</b>		<b>8,23</b>		<b>8,68</b>		<b>7,87</b>		<b>5,31</b>		<b>3,99</b>

The optimum reverberation time value in line with the volume of the classroom was calculated in accordance with Equation 1 ( $T_{TARGET}$ : 0.60). The recommended maximum and minimum reverberation times were determined in accordance with Figure 1. The recommended maximum reverberation time value depending on the frequencies were given in Table 3. In addition, reverberation time results were shown in Figure 4. In Figure 4, it is understood that the reverberation time results are very high compared to the DIN 18041 standard.

**Table 3.** Reverberation time results and required intervals (before improvements)

BEFORE IMPROVEMENTS	FREQUENCY (Hz)						
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
REVERBERATION TIME RESULTS	7,34	8,23	8,68	7,87	5,31	3,99	
REQUIRED MAXIMUM REVERBERATION TIME VALUE	0,87	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	
REQUIRED MINIMUM REVERBERATION TIME VALUE	0,39	0,48	0,48	0,48	0,48	0,39	



**Figure 4.** Reverberation time results and required intervals (before improvements)

## 2.2 Improvements suggestions

To reduce the reverberation time of the class, the total absorption value of the space has been increased. To increase the total absorption level of the class, it has been recommended to use a fabric-covered rock wool panel (5 cm thick). In addition, it has been suggested to reduce the volume of the space to reduce the reverberation time. The perception of the teacher's facial expressions during speaking increases the intelligibility of speech. Hence, the area where the teacher teaches the lesson has been raised. With the help of the raised stage, the visual perception of the teacher has increased. In addition, a raised floor proposal was presented separately from the stage area so that the students could see the teacher and the stage more easily. The plan drawing and coating features of the acoustic improvement project were presented in Figure 5. In addition, the drawing and coating features of the A-A' section were given in Figure 6.

Delayed reflection due to ceiling reflection was not detected in the pre-improvement condition. In addition, since the ceiling height has been reduced, it has been predicted that the ceiling system will not cause delayed reflections. In Figure 6, 4 different reflections were analyzed and it was determined that there was no delayed reflection. The reflection analysis of the newly proposed acoustic project was given in Table 4. Since no delayed reflection has been detected in ceiling reflections, the ceiling system has been designed to reflect the sound to the audience. For the stated reasons, the ceiling system has been designed with reflective character (Fig. 6, Fig. 7). Thus, the energy level reaching the receivers has been increased. Since there may be a delayed reflection from the rear wall surfaces (Table 1), the entire rear wall is designed with an absorbent character (Fig. 8).

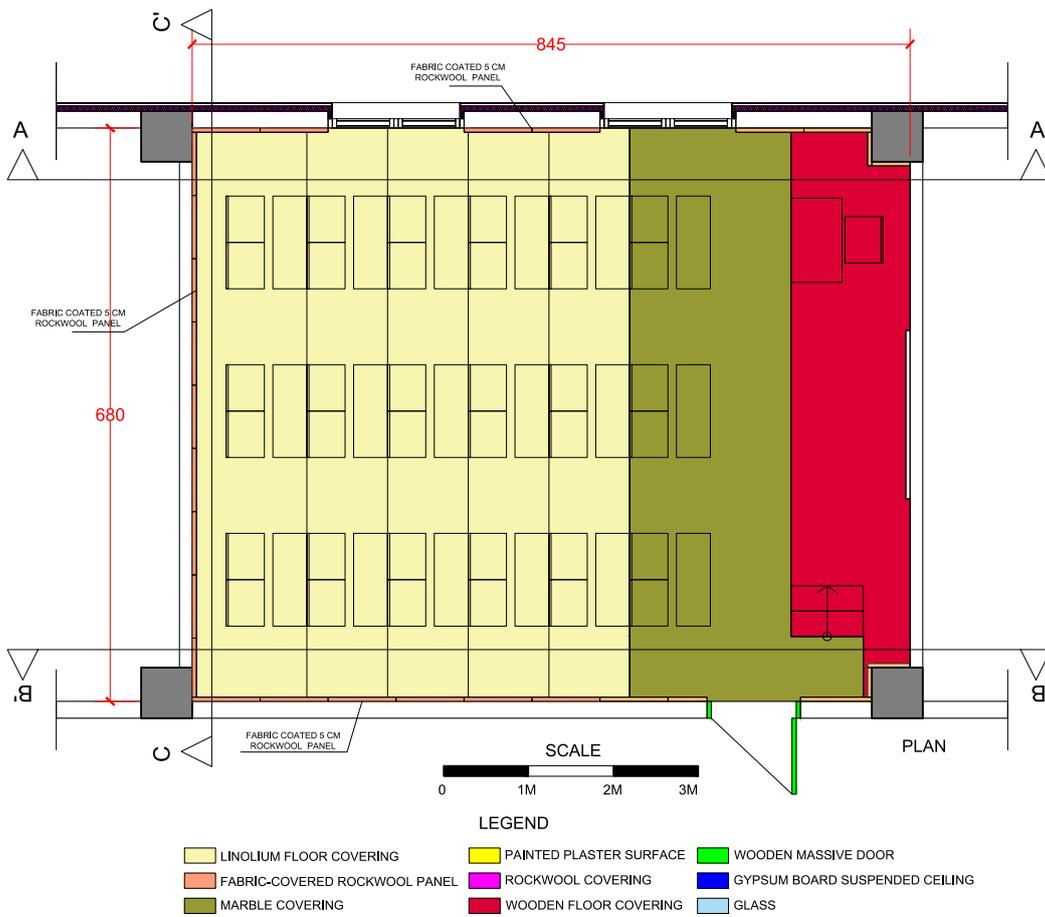


Figure 5. Acoustic improvement project of the classroom- Plan

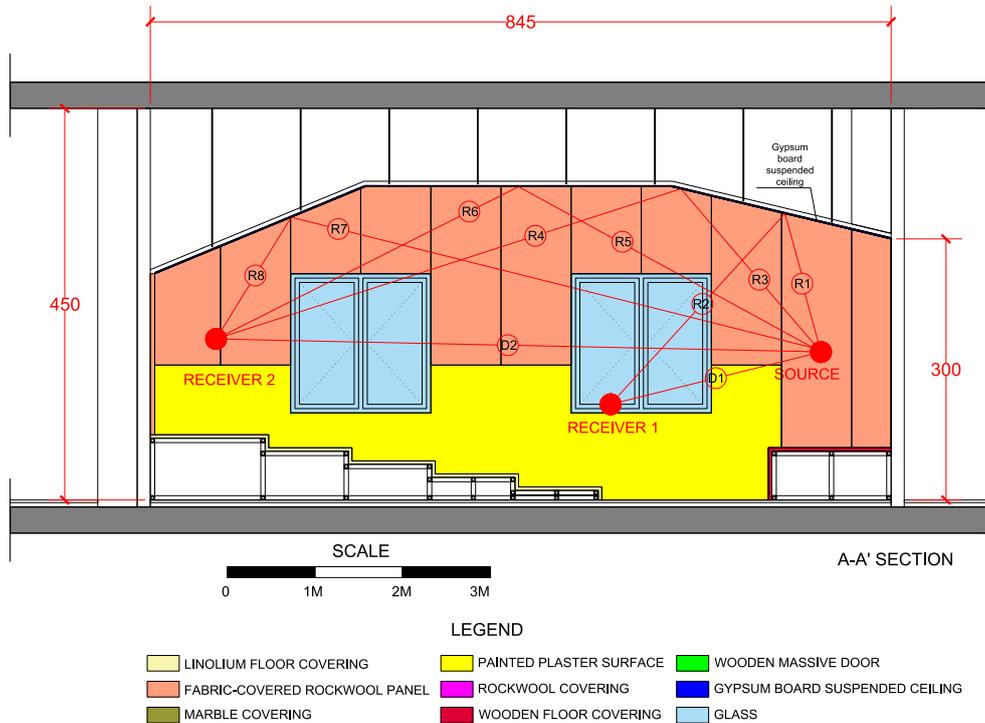
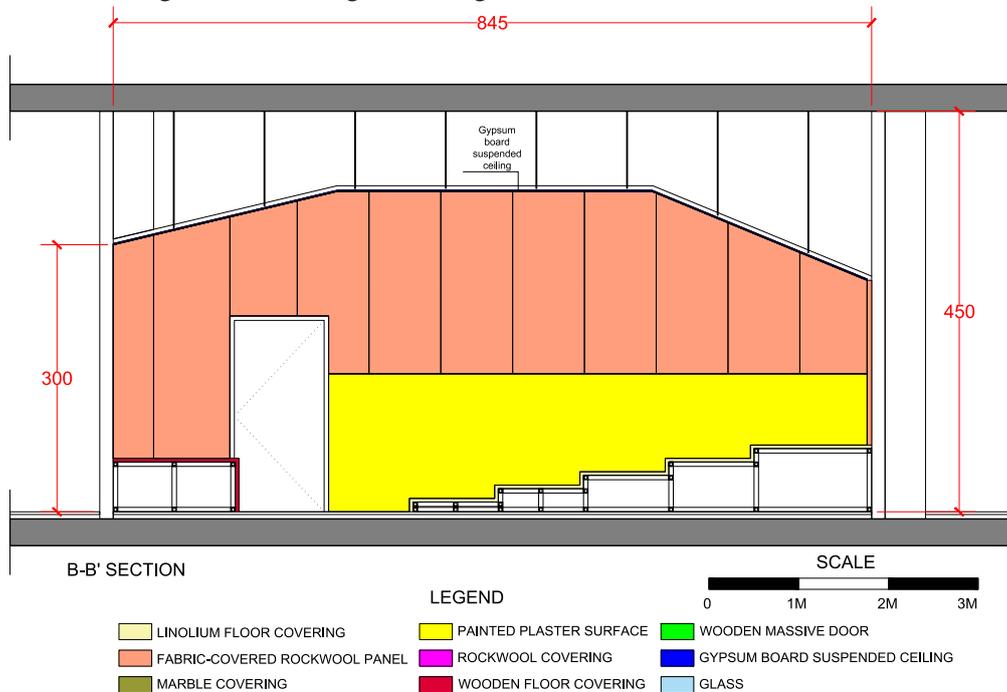


Figure 6. Acoustic improvement project of the classroom- A-A' section

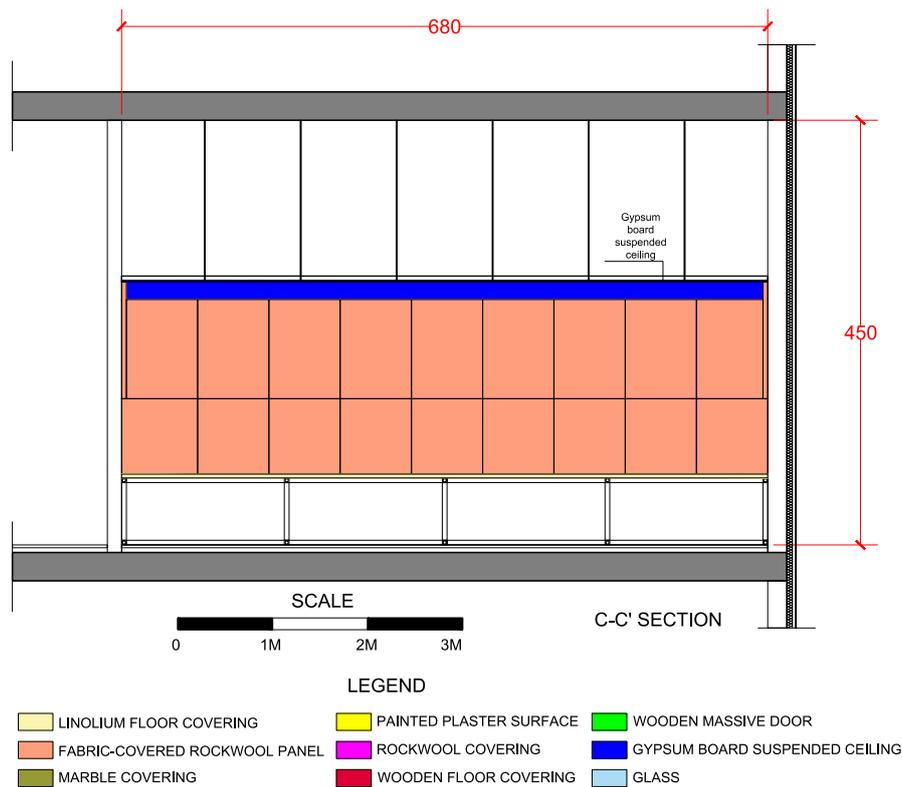
**Table 4.** Analysis of reflections (initial time delay gap) after improvements (according to Figure 6)

REFLECTION	EQUATION	CALCULATION RESULTS
R1, R2 and D1 (RECEIVER 1)	$\frac{(R1 + R2) - D1}{0,344} \leq 30 \text{ ms}$	$\frac{(1.64 + 2.96) - 2.47}{0.344} = 6.19$ $6.19 \leq 30 \text{ ms}$
R3, R4 and D2 (RECEIVER 2)	$\frac{(R3 + R4) - D2}{0,344} \leq 30 \text{ ms}$	$\frac{(2.46 + 5.58) - 6.90}{0.344} = 3.31$ $3,31 \leq 30 \text{ ms}$
R5, R6 and D2 (RECEIVER 2)	$\frac{(R5 + R6) - D2}{0,344} \leq 30 \text{ ms}$	$\frac{(3.94 + 3.87) - 6.90}{0.344} = 4.71$ $4,71 \leq 30 \text{ ms}$
R7, R8 and D2 (RECEIVER 2)	$\frac{(R7 + R8) - D2}{0,344} \leq 30 \text{ ms}$	$\frac{(6.25 + 1.64) - 6.90}{0.344} = 2.88$ $2,88 \leq 30 \text{ ms}$

B-B' section drawing of the acoustic improvement project and surface coating features were demonstrated in Figure 7. Moreover, C-C' section drawing of the acoustic improvement project and surface coating features were given in Figure 8.

**Figure 7.** Acoustic improvement project of the classroom- B-B' section

It was suggested that the raised floor area where the students are located should be covered with linoleum (Fig. 5). In this way, it was desired to reduce the impact sound and to ensure easy cleaning of the surface. The wall area on the stage side was suggested to be a reflective character in general (painted plaster surface). It was recommended to use 5 cm thick fabric-covered rock wool panels for the side wall coverings of the classroom (Fig. 6, Fig. 7). The areas close to the floor that may be contaminated by students were suggested to be painted to provide easy cleaning. To keep the reverberation time within the ranges specified in the DIN 18041 standard, the room volume has been reduced and the total absorption levels of the room have been increased. Accordingly, the reverberation time analysis using Equation 2 and Equation 3 were given in Table 5. Table 5 shows that the total absorption level was increased at all frequency values.



**Figure 8.** Acoustic improvement project of the classroom- C-C' section

**Table 5.** Reverberation time results after improvements

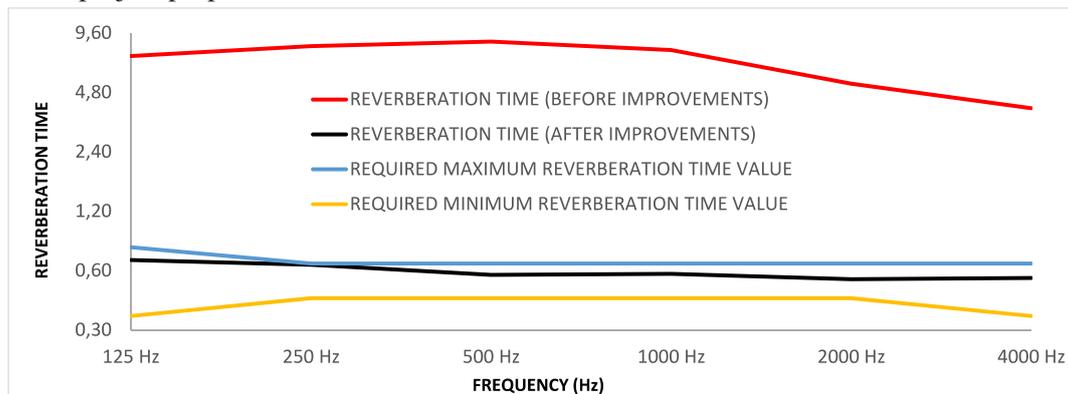
PROPERTIES OF SURFACES		FREQUENCY (Hz)											
		125 Hz		250 Hz		500 Hz		1000 Hz		2000 Hz		4000 Hz	
SURFACE TYPE	Area (m <sup>2</sup> )	<i>a</i>	<i>S. a</i>	<i>a</i>	<i>S. a</i>	<i>a</i>	<i>S. a</i>	<i>a</i>	<i>S. a</i>	<i>a</i>	<i>S. a</i>	<i>a</i>	<i>S. a</i>
Floor surface 1=Marble	13,5	0,01	0,14	0,01	0,14	0,01	0,14	0,02	0,27	0,02	0,27	0,02	0,27
Wood platform, large airspace below	12,3	0,40	4,92	0,30	3,69	0,20	2,46	0,17	2,09	0,15	1,85	0,10	1,23
Linoleum floor covering	39,4	0,02	0,79	0,02	0,79	0,03	1,18	0,04	1,58	0,04	1,58	0,05	1,97
Ceiling surface= Gypsum board ceiling, 12 mm	59,3	0,29	17,20	0,10	5,93	0,06	3,56	0,05	2,97	0,04	2,37	0,04	2,37
Walls surfaces 1= Painted plaster surface	24,89	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50	0,02	0,50
Walls surfaces 2= Writing board	3,00	0,18	0,54	0,06	0,18	0,04	0,12	0,03	0,09	0,02	0,06	0,02	0,06
Walls surfaces 2= Wood Surface (Solid wooden door)	2,42	0,14	0,34	0,10	0,24	0,06	0,15	0,08	0,19	0,10	0,24	0,10	0,24
Walls surfaces 3= Double glazing	5,12	0,10	0,51	0,07	0,36	0,05	0,26	0,03	0,15	0,02	0,10	0,02	0,10
Wall surface improvements= Fabric coated 5 cm rockwool panel	43,97	0,35	15,39	0,70	30,78	0,90	39,57	0,90	39,57	0,95	41,77	0,90	39,57
Air (not surface, volume - m <sup>3</sup> )	170,34	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	1,70	0,02	3,41
<b>Total absorption, <math>\sum A</math> (sabins)</b>			40,32		42,60		47,93		47,41		50,44		49,72
<b>REVERBERATION TIME (RT= (0,161 V) / <math>\sum A</math>)</b>			<b>0,68</b>		<b>0,64</b>		<b>0,57</b>		<b>0,58</b>		<b>0,54</b>		<b>0,55</b>

Due to the reduction of the classroom volume, the optimum reverberation time value of the new acoustic design proposal was calculated with Equation 1 ( $T_{TARGET} : 0.54$ ). Necessary levels were determined by considering the reverberation time results and the intervals given in Figure 1. Reverberation time results and required intervals was shown in Table 6. It was understood in Table 6 that reverberation time results meet the requirements of the DIN 18041 standard.

**Table 6.** Reverberation time results and required intervals (after improvements)

AFTER IMPROVEMENTS	FREQUENCY (Hz)					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
REVERBERATION TIME RESULTS	0,68	0,64	0,57	0,58	0,54	0,55
REQUIRED MAXIMUM REVERBERATION TIME VALUE	0,79	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
REQUIRED MINIMUM REVERBERATION TIME VALUE	0,35	0,43	0,43	0,43	0,43	0,35

In Figure 9, the results of the reverberation time were explained graphically. It was demonstrated in Figure 9 that the reverberation time has been significantly reduced with the acoustic improvement project proposal. In addition, it has been shown that the reverberation time results are in accordance with the range specified in the DIN 18041 standard. It was understood from Figure 9 that the acoustic comfort conditions have been improved with the new acoustic project proposal.

**Figure 9.** Reverberation time results and required intervals (after improvements)

The materials used in the reverberation time calculation and the references from which the sound absorption coefficients were obtained were detailed in Table 7.

**Table 7.** Properties of the surfaces

TYPE AND PROPERTIES OF COVERING	REFERENCE
Marble floor surface	Cox& D'Antonio ,2009 Barron, 2003
Wood platform, large airspace below	Cox& D'Antonio ,2009 Long, 2006
Linoleum floor covering	Cox& D'Antonio ,2009 Yılmaz Demirkale, 2007
Double glazing	Cox& D'Antonio ,2009
Painted plaster surface	Cox& D'Antonio ,2009
Ceiling surface, Gypsum board ceiling, 12 mm	Özgül, 2008
Fabric coated 5 cm rockwool panel	Yılmaz Demirkale, 2007
Writing board- Glass, large panes, heavy glass	Cox& D'Antonio ,2009
Solid wooden door	Cox& D'Antonio ,2009

AI (Articulation Index) analysis was made according to the student sitting in the rear row. Analysis was carried out according to receiver 2 in Figure 6. The position of the teacher was indicated in Figure 6 as a source. In section A-A' given in Figure 6, the contributions of ceiling reflections are also effective at receiver 2. Source sound energy level is based on the human voice level speaking at normal loudness (energy level in dB at a one-meter distance from the source). In addition, 6 dB was added due to the source being on the stage and positioned above

the audience (Mehta et al., 1999). The energy level at 1 meter from the source was given in Table 8 in dB. The distance of receiver 2 from the source is approximately 6.9 meters. The energy level at receiver 2 of the direct sound was calculated in dB using Equation 6. The energy level at the receiver 2 point due to reflections was obtained in dB by using Equation 7 and the effect of each reflection was given in Table 8 separately ( $R3 + R4 \approx 8.04$  m.,  $R5 + R6 \approx 7.81$  m.,  $R7 + R8 \approx 7.88$  m.). The sum of the direct sound energy and 3 different reflected sound energies was calculated for receiver 2 using Equation 8. The total signal level calculated at receiver 2 was given in Table 8.

**Table 8.** The total signal level of the listener at receiver 2 (receiver 2 was shown in Fig. 6)

Frequency (Hz)	SPL at 1m (dB)	Direct SPL2 (dB) (Eq. 6)	SPL2 due to the reflector (dB) (R3-R4) (Eq. 7)	SPL2 due to the reflector (dB) (R5-R6) (Eq. 7)	SPL2 due to the reflector (dB) (R7-R8) (Eq. 7)	Total Signal Level (dB) (Eq. 8)
250	78.5	61.72	59.94	60.19	60.11	66.57
500	80	63.22	61,63	61.88	61.80	68.20
1000	74	57.22	55,67	55.92	55.85	62.23
2000	68	51.22	49,72	49.97	49.89	56.26
4000	63	46.22	44,72	44.97	44.89	51.26

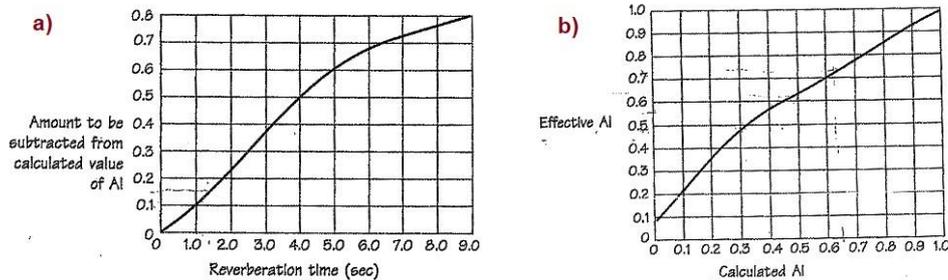
The AI (articulation index) was calculated according to Equation 5 and was shown in Table 9. The total signal level calculated in Table 8 was taken for each frequency. In the literature, it is seen that the NC 30 level can be used for speech rooms (Mehta et al., 1999). NC 30 defines the recommended maximum noise level indoors. The varying level of the NC 30 curve according to the frequencies was shown in Table 9. In addition, weighting factor levels were defined according to frequencies in Table 9. These values were obtained from the literature (Mehta et al., 1999). It is suggested in the literature to take the result as 30 if the difference between the signal level reaching the receiver and the indoor background noise level is greater than 30 dB (Mehta et al., 1999). A similar method was used in this analysis as well. The AI level calculated in accordance with Equation 5 was explained in detail in Table 9.

**Table 9.** Articulation Index calculation at receiver 2 (Receiver 2 was shown in Fig. 6)

Frequency (Hz)	Total Signal Level (dB)	Noise Level (NC 30)	S-N ratio	WF (weighting factor)	(S-N) x WF (Eq. 5)
250	66.57	41	25.57	0.0024	0.06
500	68.20	35	30.00	0.0048	0.14
1000	62.23	31	30.00	0.0074	0.22
2000	56.26	29	27.26	0.0109	0.30
4000	51.26	28	23.26	0.0078	0.18
<b>AI = 0.06 + 0.14 + 0.22 + 0.30 + 0.18 = 0.9</b>					

The calculated AI (articulation index) level is correct for open areas where reflection is not observed and needs to be revised for spaces where reverberation exists. It is suggested to use Figure 10a for places with reverberation time and to subtract the correction coefficient from the AI value in line with the calculated reverberation time (Mehta et al., 1999). It is seen in Fig. 10a that while the reverberation time value in the interior is 0.6, it should be reduced by approximately 0.06 from the AI value. In this direction, it was calculated as 0.84 by decreasing the value of 0.06 from the calculated AI value. If the audience can see the speech with the raised

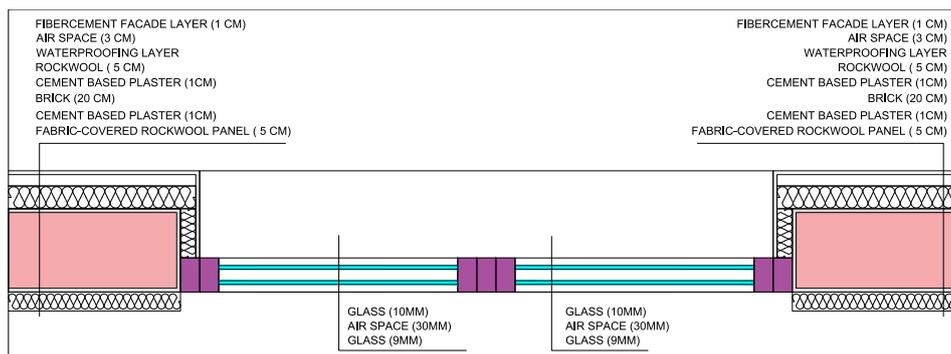
floor system, the intelligibility of the speech is higher because the listeners perceive the facial expressions and movements of the speaker. In this case, the effective AI value is different. In this case, the Effective AI value can be determined using Figure 10b (Mehta et al., 1999). While the AI value is 0.84 in figure 10 b, the effective AI value is approximately **0.88**.



**Figure 10.** Graphics used to determine the AI (articulation index) correction value (Mehta et al., 1999), a) Reverberation time correction, b) Effective AI level determination

In the literature, it is stated that the intelligibility level of speech is very good if the AI value is between 0.7 and 1.0. The effective AI (articulation index) level was calculated as **0.88**. According to the calculated result, it was determined that the level of intelligibility of speech in the classroom environment was very good. Only ceiling reflections were considered in the calculation process. It is predicted that the AI value will be higher if all reflections are considered. The speaker could be seen more clearly and the intelligibility level of the speech was increased thanks to the raised stage and the raised audience section proposed in the new acoustic project.

In the environmental noise regulation, it is recommended that the environmental noise level caused by traffic noise should not exceed 65 dBA. For this reason, it was foreseen that the level of traffic noise outside the building will be 65 dBA maximum and the outdoor noise was determined as 65 dBA. Façade wall detail was demonstrated in Figure 11. In line with the façade sound insulation level, the indoor noise level was determined using the INSUL 7.0.13 software. In the wall detail, a plastered brick wall with a thickness of 22 cm was entered into the software (as an opaque surface). Other layers of the opaque layer have been ignored to locate on the safe side. A double glass system was entered into the software as a transparent layer (9mm glass + 30mm space + 10mm glass). The composite wall sound insulation level of two different wall systems according to the area ratios on the façade was calculated in INSUL software. In the INSUL program, 65 dBA noise levels are defined according to the traffic noise spectrum (in line with the traffic noise spectrum in the ISO 717-1 standard). According to the results of the volume of the room, the area of the composite wall system, and the reverberation time of the room, the indoor noise level (transmitting from the exterior to the interior) was calculated in the INSUL program. The indoor noise level calculated in accordance with the detail of Figure 11 in the INSUL program is **26 dBA**.



**Figure 11.** Wall detail

In the ISO 12354-3 standard, it is stated that the sound coming from the outside can be different due to flanking transmission at the level of 2 dB in rigid-joined building systems. In addition, it was considered that the margin of error that may occur in the simulation program may be 3 dB. For all the reasons stated above, it was anticipated that there may be a maximum difference of 5 dBA and that the indoor noise level will not exceed 31 dBA. The World Health Organization has stated that the indoor noise level in classrooms can be a maximum of 35 dBA (URL 1). In addition, the maximum noise level recommended for Class A buildings in the regulation on noise control in buildings is 31 dBA. The calculated indoor noise level is in line with the recommended levels.

In the acoustic improvement project proposal, the reverberation time in the classroom was taken under control in line with DIN 18041 standard. With the acoustic project proposal, delayed reflections were tried to be reduced as much as possible and beneficial reflections were created in the ceiling system. AI value has been increased and speech intelligibility has been improved. As a result of all the improvements made, the auditory comfort conditions of the space have been improved.

### 3-Conclusion

Providing acoustic comfort conditions in the classrooms increases the quality of education and the level of success. In this research, an acoustic examination of a sample classroom and an acoustic improvement project proposal was explained. In the acoustic improvement project, the reverberation time has been made in accordance with the DIN 18041 standard by increasing the total absorption in the space and reducing the room volume. With the suggestion of a raised floor system, the intelligibility of speech has been increased. According to the calculated AI results, it was determined that the intelligibility level of the speech was very good for the student in the back row. The surfaces that may cause delayed reflections in the space were reduced as much as possible and it was suggested in the acoustic improvement project to have an absorbing character. In addition, a backstage wall and ceiling system, where useful reflections can occur, was proposed as reflective surfaces. The ceiling system was designed to cause beneficial reflections in the acoustic improvement project.

With the acoustic improvement project proposal, the acoustic comfort conditions of the classroom were improved. It is anticipated that this research will give an idea to experts who design room acoustic projects and researchers who work on room acoustic studies.

## References

- Barron, R. F., (2003), *Industrial Noise Control and Acoustics*, Marcel Dekker Inc., Newyork, Basel. ISBN:0-8247-0701-X
- Bozkurt, T. S., Meeting Room Acoustic Design in the Historical Building: The Example of Istanbul University Faculty of Science and Letters Building. *Digital International Journal of Architecture Arts Heritage* , 2022, vol.1, no.2 , 91-130.
- Bozkurt, T. S., Acoustic Improvement Proposal in Historical Building: The Example of The Main Lecture Hall at The Beyazıt Campus of Istanbul University. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 2022, vol.10, no.1, 13-29.
- Bozkurt, T. S., Investigation of Variable Acoustic Requirements in Halls Used for Speech and Music. 2022. In *INSAC Scientific Researches in Natural and Engineering Sciences* , Duvar, Ankara, 177-200, ISBN: 978-625-8261-13-4.
- Cox, T., D'Antonio, J.P., (2009), *Acoustic Absorbers and Diffusers: Theory Design and Application*, Spon Press; Taylor and Francis, ISBN 0-203-89305-0
- DIN Standard, DIN 18041:2016, *Acoustic Quality in Rooms – Specification and Instructions for the Room Acoustic Design*, Berlin, Germany, 2016
- EN ISO 12354-3, *Building acoustics - Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements - Part 3: Airborne sound insulation against outdoor sound (ISO 12354-3:2017)*
- EN ISO 717-1, *Acoustics - Rating of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne sound insulation (ISO 717-1:2013)*
- Everest, F., A. Pohlmann, K., C., (2009), *Master Handbook of Acoustics*, McGraw-Hill, Beşinci Baskı, ISBN: 978-0-07-160333-1
- Environmental Noise Control Regulation, Dated: 31.11.2022, and numbered 32029
- Jaramillo, A. M., Stell, C., (2015), *Architectural Acoustics*, Taylor & Francis Group, ISBN: 978-1-315-75284-6 (ebk)
- Long, M., (2006), *Architectural Acoustics*, Elsevier, Academic Press, ISNB 13: 978-012-455551-8 and ISNB 10: 0-12-455551-9
- Mehta, M., Johnson, J. and Rocaford J., (1999), *Architectural Acoustics Principles and Design*, Prentice Hall, ISBN: 0-13-793795-4
- Maekawa, Z., Rindel, J.H., Lord, P., (2011), *Environmental and Architectural Acoustics*, Second edition, Spon Press, Taylor & Francis Group, ISBN13: 978-0-203-93135-6 (ebk)
- Özgüven, H., N., (2008), *Gürültü Kontrolü Endüstriyel ve Çevresel Gürültü*, Türkiye Akustik derneği yayımları, genişletilmiş 2. basım, ISBN: 978-605-89991-0-7
- Nocke, C., New standards in Architectural Acoustics- a German view, *Proceedings of Acoustics 2016*, 9-11 November 2016, Brisbane, Australia

Nocke, C., The new standard DIN 18041 – acoustic quality in rooms, Legislation and Regulations in Building Acoustics: Paper ICA2016-716, Legislation and Regulations in Building Acoustics: Paper ICA2016-716, 22nd International Congress on Acoustics, ICA 2016, Buenos Aires – 5 to 9 September, 2016

Regulation on the Protection of Buildings Against Noise, Dated 31/5/2017 and numbered 30082

Yılmaz Demirkale, S., (2007), Çevre ve Yapı Akustiği, Birsen yayın evi, ISBN: 978-975-511-472-9

URL1- World Health Organization, added date: 14.02.2023, <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise>

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Electric Vehicle Platforms

(Tolga Ulkan)

## Electric Vehicle Platforms

**Tolga Ulkan**

TOFAŞ A.Ş, E-mail: [tolga.ulkan@tofas.com.tr](mailto:tolga.ulkan@tofas.com.tr)

---

### **Abstract**

*In automobile industry, electric vehicles have enhanced as a rising trend recently by continuing developments on lots of components of the vehicle in order to achieve zero emission goal. Those developments have led innovations on the vehicle in structural, electrical and functional manner. Powertrain system, body-in-white, positioning of components, material utilization and software system may be some examples of vehicle's elements mostly affected by current changes.*

*There is inevitable development and change in vehicle dynamics and structure since main elements of vehicle are in enhancement trend due to the battery integration. Afterward, structural and functional adaptations are essential in order to response changes in vehicle dynamics and satisfy safety standards which are in line with electric vehicle safety standards.*

*Electric vehicles have electric motor and battery instead of internal combustion engine; thus, vehicle geometry has to be updated with respect to new configurations of components and systems. Thereby, manufacturers study on new platforms which are adaptable to new generation electric vehicles. Three options may come out for Original Equipment Manufacturers: reinforced internal combustion engine vehicle platforms regarding to electric vehicle requirements, hybrid platforms compatible with both electric vehicle and internal combustion engine vehicle and totally new-gen electric vehicle platform.*

**Key Words:** *electric vehicle, battery pack, thermal runaway, vibration, crashworthiness*

---

### **Introduction**

Currently, electric vehicles are developing rapidly, and the automobile market is responding that development at same rate. Besides, Original Equipment Manufacturers (OEMs) that produce only electric vehicle can give more focus and source to enhance more complex and efficient cars, which creates pressure on other OEMs with strong interest on electric cars from customers. That advantage of OEMs that produce only electric vehicle can have great impact on electric vehicle market standards. Examining electric vehicle (EV) platforms in detail can make clear difference between internal combustion engine vehicle (ICEV) and EV requirements.

The adoption of platform rebuilding is common among major manufacturers in automotive industry for battery electric vehicle transition period. The adoption is

growing and used platform number in production is dropping gradually, since there is factor of vehicle components commonality approach is becoming common. The aim is to manufacture the maximum possible number of vehicles from the same platform via share common modules and components in order to reach economies of scale such as reducing research and development expenditures and production costs during the period.

Powertrain system, engine placement, battery integration, weight change and storage space are core difference on the EVs. These differences are going to be examined and their effects are going to be discussed. Changing vehicle center of mass, electric motor for each 2 wheels, size of battery, charging system and method, absence of ICE parts, mass distribution and drive dynamics, different electric motor characteristic and weight/range relation make strict upgrades essential to build new architecture of electric vehicles.

Strong market trend forces OEMs to adapt rapidly new EV approaches and customer services. On the other hand, regulations are becoming strict day by day and this revolution creates more tough targets. For instance, Europe Union is going to set obligations for ICEVs in the near future.

### **Market Share and Trend**

If take a quick look the Figure 1 below, EV sales have a trend which increases every year gradually; however, in 2021, sales were doubled due to effects of Covid-19 pandemic. Besides, there is another important jump on the sales in 2018. After the going under control of Covid-19 pandemic, customer behavior and perspective have reformed in many fields, then these altered behaviors have begun to change industry dynamics and manufacturers. Under new zero emission regulations which are becoming more strict day by day, electric vehicles are becoming more popular and preferable currently. Furthermore, it is predicted that the boost up trend on the sales goes in the near future with respect to project of customers' behavior in the industry.

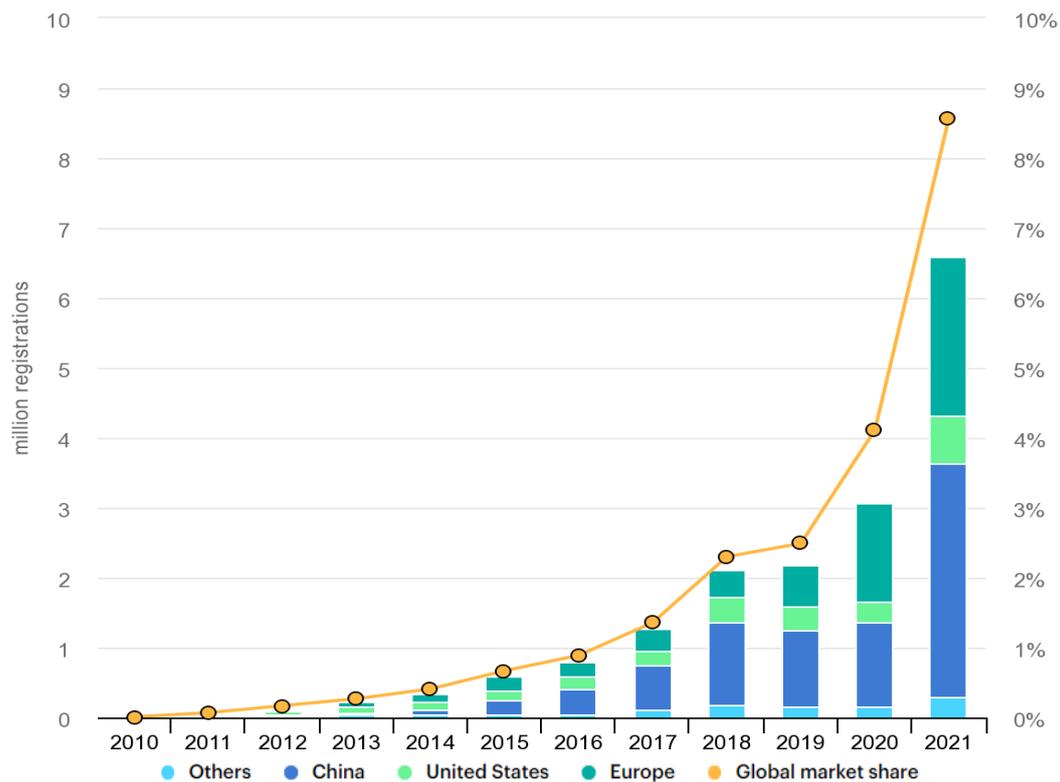


Figure 1. Global sales and sales market share of electric cars, 2010-2021 [1]

Other factor behind the rise of EV sales is that many companies are currently investing their own R&D centers in order to manufacture new brand or concept EV with help of the impact of electrification innovation. That boost up on R&D studies supply wide range EV versions, which can make more customer interested in purchasing appropriate EV version. Supply and demand relation in EV market seems to keep rise of increase and even another jump may happen again.

### Structure Differences

Functional structures must be examined in detail in order to clearly understand main differences between ICEVs and EVs. There are few schematics which indicate architectures of electric vehicle.

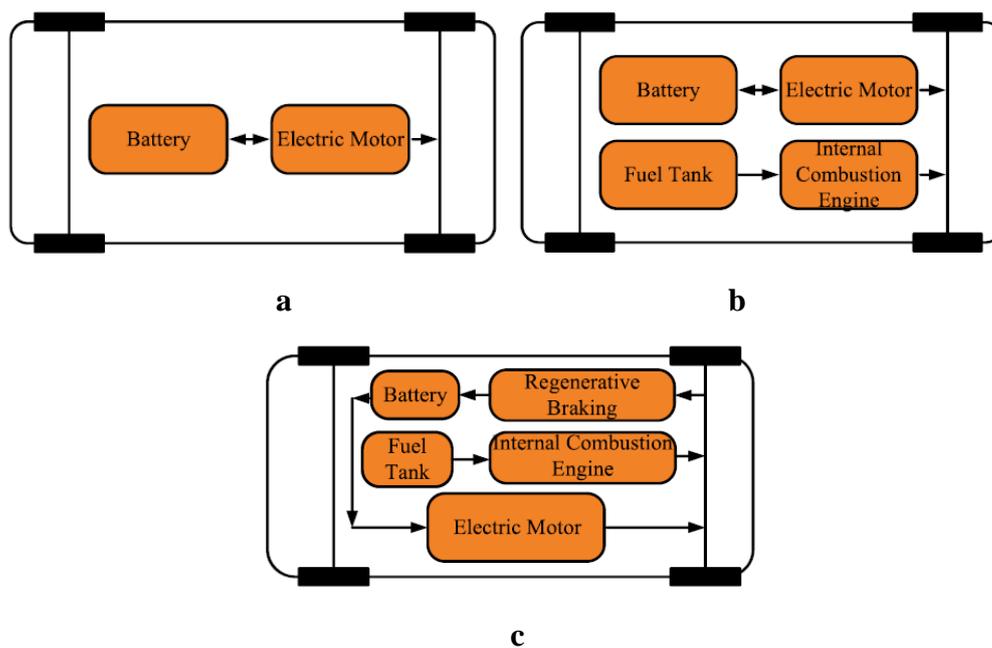


Figure 2. a-) BEVs b-) PHEVs c-) HEVs [2]

Architecture schematics are shown above to highlight three various types of electric vehicles used as common nowadays. For battery electric vehicles (BEVs), battery system has role of energy supply to driver electric motor or motors. Plug-in hybrid electric vehicles have internal combustion engine with its fuel tank additionally regarding BEVs. On the other hand, hybrid electric vehicles differ from Plug-in hybrid electric vehicles (PHEVs) due to regenerative brake system in their architectures. Those electric vehicles have different structure even among their own, if a comparison with ICEVs is obtained, the result will vary surely.

Electric motors bring high level of torque and rotation speed; thus, EV powertrain systems have to respond that advance requirements. Those changed inputs to system are also altered from category to category such as sports utility vehicle (SUV), passenger vehicle and commercial vehicle. To adapt different categories of vehicle causes design complexity since different categories have different regulations and physical tests parallel with real conditions they exposed. Consequently, with minimum concept number OEMs have to meet regulations and limitations. Furthermore, EV architectures also bring supplementary requirements to meet with new generation platforms. For instance, batteries are critical in order to achieve desired travel range and enough performance to satisfy users. It makes battery packs open to enhance in terms of storage capacity, placement on the vehicle, preservation during an accident and life endurance. All of these circumstances require multi-disciplinary studies so that optimized battery technology can meet whole enhancement list. During an accident or extreme conditions protection of battery health is obligation and challenging for OEMs. Thereby, material

technology is intensively focus on improvement of battery packs/trays. Integration the battery tray to EV platform is another improvement issue. Battery unit has to made in large dimensions and its dimensions can change inputs and conditions of the vehicle. The common integration solution is accepted as battery unit placement under passenger compartment within battery tray/pack, which provides lower center of mass in vehicle dynamics.

These differences are originated from aim of reach lots of customers groups with minimum platform concept. Recent days, vehicles in different segments such as B segment, E segment can have various regulation necessities and customer profiles; thus, have different design also. At that point, flexible platforms are taught as efficient solution for these challenges. Flexible platforms can introduce change in length and width by keeping being assembled to upper body of the vehicle. For instance, there is a possibility of that passenger car platform can be utilized on a commercial vehicle by enlarging and expanding. Accordingly, manufacturer is going to produce only upper body of the vehicle as different part. Keeping platforms similar as much as possible contributes to utilization of same chassis components, which may be cost effective.

## **Battery Systems**

Battery system is the key development during transition to electric vehicles since it contains lot of limitations and regulation necessities from various disciplines. The system has to be safe during accident, efficient possible weather conditions, easy mountable to changing platforms, chargeable rapidly and have competitive performance and endurance for all types of usage.

Customers' expectations are really strict and extorsive for manufacturers; however, lots of tough steps are taken in battery production. Increase in range, fast charging, capable of disassembled battery unit and consistent performance output in varying weather conditions are some of the achievement OEMs did. However, there are some issues to deal with such as preservation battery unit from damage and fire risk during accidents, charging time and change service or method when battery unit completes its designed life. As customer experiences boost up, the solution points come to light; later, methods are released to overcome these problems by producers. Therefore, current inadequacies are going to be solved in the near future.

Battery has to consist of lots of plates/components in order to present long distance travel with one charge. On the contrary, large battery unit results in weigh gain, which is totally undesired consequent, even it will reduce the efficiency of travel distance due to the performance loss with weight gain. As a result, batteries have to be minimized in terms of weight and scale. Scale of the battery is also important since positioning on the vehicle is another design limitation. To achieve best placement of battery unit, under of passenger cabin is utilized to alignment. However, alignment to under the passenger

compartment brings preservation obligation during road conditions and accidents. Therefore, battery trays/packs gain great importance and need to have qualified endurance by keeping batteries safe. On the other hand, current design allows for innovation opportunities such as dynamic wireless charging while driving.

### **Powertrain Systems**

Powertrain systems is another element affected by concept change of electric vehicles since EVs has not need only IC engine and lots of mechanical parts that is essential in ICEVs are eliminated by electric motor integration. Therefore, powertrain systems are able to be lightweight and less complex. Besides, for BEVs, electric motor can directly transfer the power to compact electric shaft. On the contrary, hybrid electric vehicles (HEVs) involve some combine of gearbox with respect to designed work principles of IC engine and electric motor. Main challenge originates from higher torque and rotation speed as consequences of electric motors. On the other hand, with flexibility of electric motors positioning on platform, more than one concepts are applicable. Flexibility of electric motors can also contribute to flexibility of platforms; thus, these platforms can be utilized for the vehicles from different categories by responding essential regulations and customer profile expectations for each category or segment. For instance, terrain vehicle needs high torque generation, meanwhile passenger vehicle needs high rotational speed with medium torque generation. As another challenge is architecture of powertrain system because ground clearance, drive capability, two-wheel drive or four-wheel drive options and traction performance shape the architecture of powertrain system. Afterward, these concepts result in complexity of the platform. OEMs aims to reduce number of platforms in the production; thus, they have to deal with complexity of the EV platforms for this purpose. Efforts of building the platform that powertrain and battery systems are mountable to it are on the top of design priorities since minimizing the number of platforms can effectively reduce cost of the vehicle. Lower vehicle cost has vital role on the OEMs strategy since a lot of customer and different potential groups in order to sale new EVs. If cost of powertrain elements and its dependency of the platform are examined, it can come out conclusion that adaptive powertrain technologies and concepts underlie EVs which has reachable price.

### **Conclusion**

In this report, EV platforms are introduced, and challenges interfaced during transition period from ICEVs to EVs are examined in order to provide an insight into platform necessities. Besides, transition period from current platforms to EV platforms are mentioned. There are several strategies to make smooth transition to EV such as reinforcement of used platforms or making small modifications for hybrid vehicles without change in vehicle architecture. On the other side, building totally new EV

platform contains some tough challenges. Powertrain systems, power unit, battery tray/pack cause structural and dynamical changes because of varying vehicle characteristics. Electric motors as vehicle driver have different characteristic than IC engines such as higher and stable torque, no need to some mechanical part (crank shaft, etc.) and high level of driver rotation speed for transmission components. Furthermore, power unit and battery positioning on the vehicle are crucial points which has to be focused deeply. These major changes will bring major arrangements and upgrades surely. Adaptation, fast and smooth transition to EV platforms becomes more of an issue for OEMs in the near future; therefore, enhancements on platforms are going to have important place. Therefore, there is a competition between OEMs to achieve completed EV platform in possible short time and make it adaptable to mass production. Main goal behind all of these efforts and studies is being able to present wide range of vehicles and reach customers from every group of society since electrification analogy involves being reachable alongside of using green energy and zero emission target in its background.

## References

- [1] IEA, *Global sales and sales market share of electric cars, 2010-2021*, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-sales-and-sales-market-share-of-electric-cars-2010-2021>, IEA. License: CC BY 4.0 0
- [2]Khalid, M. R., Khan, I. A., Hameed, S., Asghar, M. S. J., & Ro, J. S. (2021). A comprehensive review on structural topologies, power levels, energy storage systems, and standards for electric vehicle charging stations and their impacts on grid. *IEEE Access*, 9, 128069-128094.
- [3]Zhuang, W., Li, S., Zhang, X., Kum, D., Song, Z., Yin, G., & Ju, F. (2020). A survey of powertrain configuration studies on hybrid electric vehicles. *Applied Energy*, 262, 114553.
- [4]Mahmoudi, C., Flah, A., & Sbita, L. (2014, November). An overview of electric vehicle concept and power management strategies. In *2014 international conference on electrical sciences and technologies in Maghreb (CISTEM)* (pp. 1-8). IEEE.
- [5]Poornesh, K., Nivya, K. P., & Sireesha, K. (2020, September). A comparative study on electric vehicle and internal combustion engine vehicles. In *2020 International Conference on Smart Electronics and Communication (ICOSEC)* (pp. 1179-1183). IEEE.
- [6]Muniz, S. T. G., & Belzowski, B. M. (2017). Platforms to enhance electric vehicles' competitiveness. *International Journal of Automotive Technology and Management*, 17(2), 151-168.
- [7]Ngo, H., Kumar, A., & Mishra, S. (2020). Optimal positioning of dynamic wireless charging infrastructure in a road network for battery electric vehicles. *Transportation Research Part D: Transport*



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Investigation of Mechanical and Capillary Properties of Concretes  
Containing Fly Ash Exposed to Different Curing Times

(Ufuk Kandil)

## Investigation of Mechanical and Capillary Properties of Concretes Containing Fly Ash Exposed to Different Curing Times

**Ufuk Kandil**

Erzincan Binali Yıldırım University,

E-mail: ukandil@erzincan.edu.tr

---

**Abstract:** *The first discovery of concrete and later studies on concrete were generally limited to compressive strength. Today, while studies on the mechanical properties of concrete still have an important place, the importance and number of studies on the durability of concrete has increased considerably. In addition, the use of mineral additives has key position in the studies carried out on the production of impermeable concrete, and it is increasing in the studies carried out for this purpose. The subject of this study is to reveal the mechanical and capillary properties of the traditional concrete produced by using fly ash at different replacement ratios with cement. In addition, the effect of different curing times applied to concrete was investigated. The aim of this study is to produce concretes by replacing the cement amount of traditional concrete, which has a very wide usage area, with fly ash at high ratios and to examine how the mechanical and capillary properties of these produced concretes change with the curing time and to reveal the relations of these changes with each other. For this purpose, compressive strength, splitting tensile strength and capillarity tests were carried out on the concretes produced by replacing fly ash with cement at the ratios of 0%, 15%, 30% and 45%, both at the end of the 28-day curing period and at the end of the 90-day curing period. As a result of the experiments carried out, it was observed that the use of fly ash had a positive effect on the compressive strength, splitting tensile strength and capillary properties of concrete. By increasing the curing time from 28 days to 90 days, it was observed that there were significant improvements in both mechanical and capillary properties of concrete.*

**Keywords:** *fly ash, compressive strength, splitting tensile strength, capillarity coefficient.*

---

### Introduction

Concrete is the most used material on earth after water, and it is the most used material among building materials (Monteiro et al., 2017). Concrete mainly consists of aggregate, cement and water. Concretes with different properties can be produced by mixing these main components in certain proportions and adding different substances in addition to these components. Among the many properties of concrete, the most important property is its compressive strength. Compressive strength is very important for evaluating the performance of the concrete structure throughout its life cycle, as it is directly related to the safety of the concrete structure (Chen et al., 2022). In recent years, it is noteworthy that researches on the durability properties of concrete have taken place a lot in the literature. The reason why durability properties of concrete are important as well as compressive strength is since the long-term service of the concrete structure can be met with good durability properties. Because it is seen that a structure with good durability will provide a lot of benefits both in terms of economy and sustainability, since it will serve for a longer period (Neville, 1972; Baradan, 2012).

On the other hand, with the increasing demand for concrete in the construction industry, the demand for cement increases at the same pace. This situation causes environmental pollution. The construction industry is responsible for 5-7% of total CO<sub>2</sub> emissions. Minimizing this situation, which constitutes such a serious environmental problem, is important in terms of sustainability. Cement production is the most important factor responsible for CO<sub>2</sub> emissions in the construction industry. One of the best methods available to minimize cement production is to use mineral additives as a substitute for cement in concrete. The use of industrial waste such as fly ash, silica fume, blast furnace slag in concrete provides environmental benefits in two different ways. These are to prevent environmental pollution by the disposal of these wastes and to prevent environmental pollution as a result of reducing the use of cement due to the use of these wastes by replacing them with cement (Kovler et al., 2005; Hasselman, 1969). In addition, with the use of these substances in concrete, very effective results occur in the properties of hardened concrete in a positive way. Especially the improvements in the durability properties of concretes are very evident. Of all mineral additives, fly ash is the most accessible and researched mineral additive. Fly ash is a mineral additive that is formed as a result of the combustion of coal in thermal power plants and is approximately as fine as cement (Mehta et al., 2014; Kumar et al., 2023). The capillarity test, which is an indicator of the movement of water against gravity in the concrete with the effect of capillary, is one of the popular tests used to determine the durability of concrete. Capillarity test gives an idea about some properties of concretes such as permeability, gas diffusion and carbonation (Basheer et al., 1999; Van den Heede et al., 2010).

The present study is the initial and trial phase of a comprehensive study. In the study, concretes were produced by replacing fly ash at 0%, 15%, 30% and 45% by weight with cement. How the compressive strength, splitting tensile strength and capillarity coefficients of these concretes change, their relationship with each other and the effect of curing time on these properties were investigated.

## **Materials and Method**

In the study, limestone-based crushed stone and crushed sand were used as aggregates. The maximum grain diameter of the aggregates used is 16 mm. The unit volume weights of the SSD aggregates were found to be 2.68 for coarse aggregate and 2.66 for fine aggregate. In addition, the water absorption values of the aggregates were obtained as 0.6% and 0.63% for coarse and fine aggregates, respectively. When 50% of coarse aggregate and 50% of fine aggregate are used, the allowed granulometry curve limits in the standards are not exceeded, so mixing aggregate was used in the produced concretes in this way. CEM-I 42.5 R type cement was used in the study. The properties of the cement used in production are given in Table 1.

**Table 23.** Chemical, Physical and Mechanical Properties of Cement

Chemical Composition		Physical and Mechanical Properties		
Oxides	Content, %	Retained on 45 $\mu\text{m}$ sieve, %	9.7	
SiO <sub>2</sub>	19.65	Retained on 90 $\mu\text{m}$ sieve, %	1.0	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.12	Specific surface-(Blaine), m <sup>2</sup> /kg	411.3	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.31	Particle density, Mg/m <sup>3</sup>	3.11	
CaO	62.21	Setting times-(Vicat), min.	Initial	140
MgO	2.05		Final	200
SO <sub>3</sub>	3.01	Water demand, %	29.4	
Na <sub>2</sub> O	-	Soundness, mm	1.0	
K <sub>2</sub> O	-	Compressive strength, MPa	2-day	27.7
Cl <sup>-</sup>	0.02		7-day	40.1
Loss on ignition	2.95		28-day	51.1

Tap water was used in concrete production. The properties of the fly ash used are given in Table 2.

**Table 2.** Properties of Fly Ash

Chemical properties		Physical properties	
Oxides	%	Density, g/cm <sup>3</sup>	2.33
SiO <sub>2</sub>	63.77	Retained on 45 $\mu\text{m}$ sieve, %	16.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.05		
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7.42		
CaO	1.51		

Mixture amounts of the produced concretes are given in Table 3. The water/cement ratio was determined as 0.5 for all concretes. In addition, the total binder ratio (cement + fly ash) in all concretes was taken as 300 kg/m<sup>3</sup>. It is aimed for the slump in concretes to be 7 cm, and in order to achieve this goal, the superplasticizer additive was used in the required amount during the production phase.

**Table 3.** Mix Proportion of Concretes

Fly ash replacement ratio, %	Amount of constituent materials, kg/m <sup>3</sup>			
	Cement	Water	Aggregate	Fly ash
0	300	150	1945	0
15	255		1931	45
30	210		1917	90
45	165		1904	135

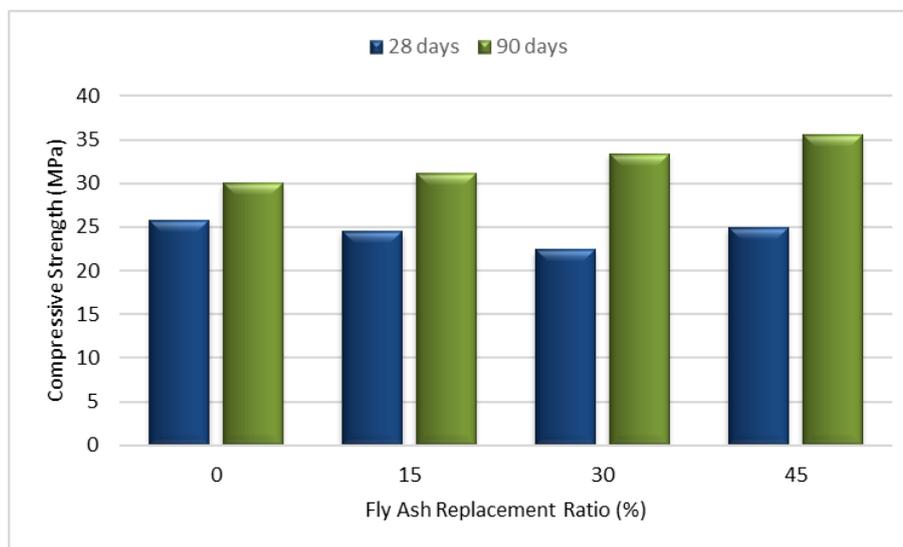
All experiments were carried out on water cured samples both at the end of 28 days of curing and at the end of 90 days of curing. The compressive strength test was carried out on cube samples of 15 cm size, in accordance with TS EN 12390-3 (2019). The splitting tensile strength test was carried out on cylindrical specimens with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm. The TS EN 12390-6 (2010) standard was considered in the splitting tensile strength tests. In the capillarity test performed in accordance with the ASTM C1585 (2020) standard, cylindrical samples with a diameter of 10 cm and a height of 20 cm were used. In the capillarity test, the samples, which were kept in the curing pool until the day of the experiment, were kept in the

oven at 70°C until they reached a constant weight after they were removed from the curing pool. After the temperature of the samples removed from the furnace decreased to room temperature, the capillarity test was carried out.

## Experimental Results

Compressive strengths of the produced concrete are given in Figure 1. When the 28-day compressive strengths are examined, it is seen that the highest compressive strength is in concrete that does not contain fly ash, and the lowest compressive strength is in concrete with 30% fly ash substituted. The decrease in compressive strength of concrete containing 30% fly ash replacement ratio is 13% compared to control concrete (without fly ash). When the compressive strengths of the 90-day concretes were examined, it was observed that the compressive strength of the concretes increased with the increase in the fly ash replacement ratio. The increase in compressive strength of concretes with 45% fly ash replacement is 18% compared to control concrete. From this, it is clearly seen that the ultimate compressive strength of concrete with mineral additives emerges after a longer curing period like 90 days. The reason why this phenomenon is observed at the end of the long curing period is that the pozzolanic reactions occur during the long curing period (Neville, 1972).

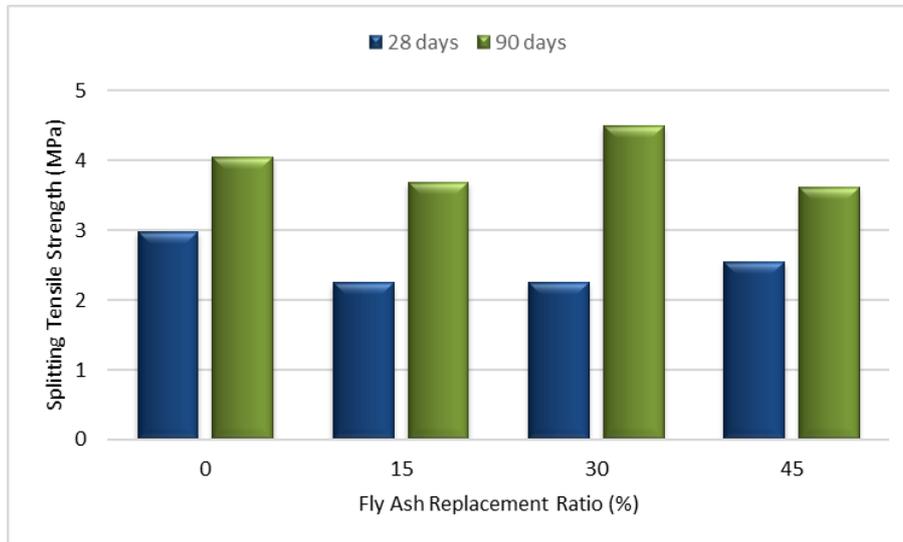
Although it can be said that the use of fly ash in concrete can reduce the compressive strength in short-term curing, it can be said that it increases the compressive strength of concrete with long-term curing and is very effective in terms of both economy and sustainability. It has been calculated that the compressive strength of the concretes increased by 34% on average, with the curing period increasing from 28 days to 90 days.



**Figure 24.** Compressive Strengths of Produced Concretes

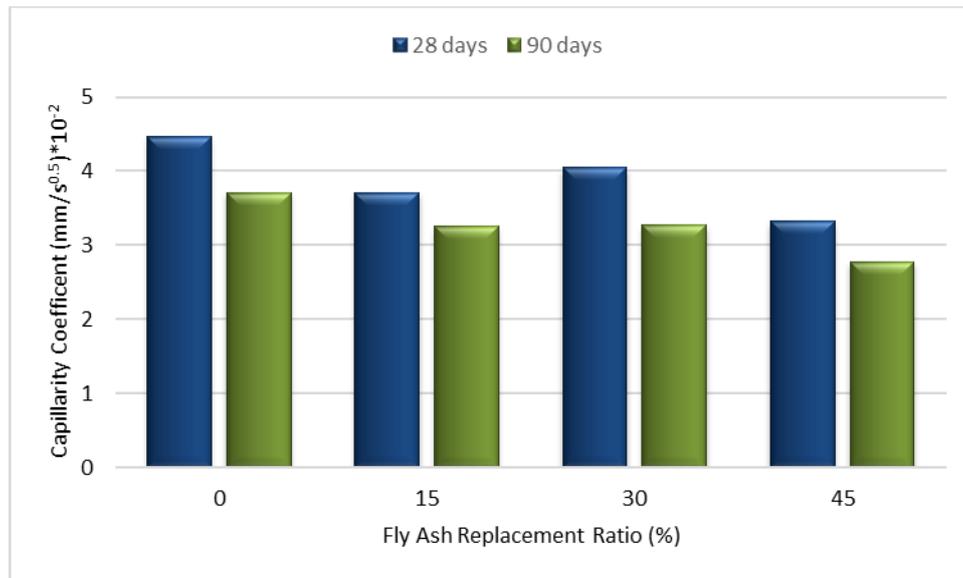
Splitting tensile strengths of the concretes produced are given in Figure 2. When the splitting tensile strength values of the concretes subjected to curing for 28 days are examined, it is seen that the highest splitting tensile strength is 2.98 MPa in the control concrete (without fly ash), and the lowest splitting tensile strength is in the concrete with 2.25 MPa and 15% fly ash replacement ratio. In the splitting tensile strength results for the end of 90 days of curing, it is

seen that the highest splitting tensile strength is seen in concrete with 4.5 MPa and 30% fly ash replacement ratio, while the lowest splitting tensile strength is seen in concrete with 3.6 MPa and 30% fly ash replacement ratio. With the increase of curing time from 28 days to 90 days, splitting tensile strength of concretes increased by 60% on average. Therefore, it has been observed that the effect of curing time is very important in splitting tensile strength.



**Figure 2.** Splitting Tensile Strengths of Produced Concretes

In Figure 3, the capillarity coefficients of the produced concrete are given. As can be seen from the figure, the capillarity coefficients decreased significantly with the increase in the fly ash replacement ratio in the experiments carried out both at the end of the 28-day curing period and at the end of the 90-day curing period. The decrease in capillarity coefficient of 45% fly ash substituted concrete compared to control concrete; while it was 26% in concretes cured for 28 days, this decrease was found to be 25% in concretes cured for 90 days. Increasing the curing period from 28 days to 90 days, the decrease in the capillarity coefficients of the concretes is around 16%. With the use of fly ash in concrete, the capillarity coefficients, which are an indicator of durability, have decreased remarkably, and the positive effect of fly ash on durability has been clearly revealed.



**Figure 3.** Capillarity Coefficients of Produced Concretes

## Conclusions

The following results were obtained from the study;

- When the compressive strengths are examined; for 28-day compressive strengths, compressive strengths of 0% (without fly ash) and 30% fly ash substituted concretes were quite close to each other. For the 90-day samples, it was observed that the compressive strengths increased with the increase in the fly ash replacement ratio. Compared to the control concrete (without fly ash), the compressive strength of concretes with 45% fly ash replacement increased by 18%.
- Among the concretes cured for 90 days, the highest splitting tensile strength was determined in the concrete with 30% fly ash substitute.
- With the increase in the fly ash replacement ratio, a general decrease was observed in the capillarity coefficients, and this decrease had a positive effect in terms of durability. In concretes with 45% fly ash substitute, this reduction amount is around 13% compared to control concrete.
- As a result of increasing the curing period from 28 days to 90 days, significant improvements occurred in all the properties examined.

## References

- ASTM C1585-13. (2020). standard test method for measurement of rate of absorption of water by hydraulic-cement concretes. ASTM.
- Baradan, B., Türkel, S., Yazıcı, H., Ün, H., Yiğiter, H., Felekoğlu, B., Felekoğlu, K. T., Aydın, S., Yardımcı, M. Y., Topal, A., Öztürk, A. U. (2012). Concrete. DEU Publishing.

- Basheer, P. A. M., Rankin, D. P., Russell, G. I. B. (1999). Design of concrete to resist carbonation, in: M.A. Lacasse, D.J. Vanier (Eds.). 8th Int. Conf. Durab. Build. Mater. Components. 423.
- Chen, H., Li, X., Wu, Y., Zuo, L., Lu, M., Zhou, Y. (2022). Compressive strength prediction of high-strength concrete using long short-term memory and machine learning algorithms. *Buildings* 12, 302.
- Hasselmann, D. P. H. (1969). Griffith flaws and the effect of porosity on tensile strength of brittle ceramics. *J. Am. Ceram. Soc.* 52, 457.
- Kovler, K., Jensen, O. M. (2005). Novel techniques for concrete curing. *Concrete International* 27 (9), 39.
- Kumar, V. V. P., Dey, S. (2023). Study on strength and durability characteristics of nano-silica based blended concrete. *Hybrid Advances* 2, 100011.
- Mehta, P.K., Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties and Materials*. McGraw-Hill Education.
- Monteiro, P. J. M., Miller, S. A., Horvath, A. (2017). Towards sustainable concrete. *Nature Materials* 16, 698.
- Neville, A. M. (1972). *Properties of concrete*. Pitman Publishing.
- TS EN 12390-3. (2019). Testing hardened concrete - Part 3: Compressive strength of test specimens. Turkish Standard.
- TS EN 12390-6. (2010). Testing hardened concrete - Part 6: Tensile splitting strength of test specimens. Turkish Standard.
- Van den Heede P., Gruyaert, E., De Belie, N. (2010). Transport properties of high-volume fly ash concrete: Capillary water sorption, water sorption under vacuum and gas permeability. *Cement and Concrete Composites* 32, 749.



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

**HAVDI Bioactive Sequence Modulates Immune Responses of  
Adipose Derived Mesenchymal Stem Cells in 2D and 3D Cell Culture  
System**

(Yelda Yuregir, Demet Kaçaroğlu, Seher Yaylacı)

## HAVDI Bioactive Sequence Modulates Immune Responses of Adipose Derived Mesenchymal Stem Cells in 2D and 3D Cell Culture System

Yelda Yuregir<sup>1</sup>, Demet Kaçaroğlu<sup>2</sup>, Seher Yaylaci<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Bilkent University, Faculty of Science, Molecular Biology and Genetics Department,  
E-mail: yelda.yuregir@ug.bilkent.edu.tr

<sup>2</sup>Lokman Hekim University, Faculty of Medicine, Medical Biology Department, Ankara,  
E-mail: demet.kacaroglu@lokmanhekim.edu.tr

<sup>3</sup>Lokman Hekim University, Faculty of Medicine, Medical Biology Department, Ankara,  
E-mail: seher.yaylaci@lokmanhekim.edu.tr

---

**Abstract:** Mesenchymal stem cells (MSCs) are of great importance in many medical fields due to their abundance and ease of isolation from various sources, as well as their allogeneic, immunomodulatory, anti-inflammatory, angiogenic, and anti-apoptotic properties. Adipose tissue-derived MSCs (ADMSCs) have become increasingly popular for therapeutic purposes in recent years due to their ease of isolation, high multipotency, and safe use. However, conventional polystyrene surface culture techniques have been shown to reduce the immunomodulatory abilities of ADMSCs. In order to address this problem, studies have been conducted using the HAVDI pentapeptide sequence, located in the first extracellular part of N-cadherin and involved in cell-cell interactions, to establish N-cadherin and improve ADMSC proliferation and regenerative capacity. However, the immunomodulatory abilities of this technique have not yet been investigated. In this study, experimental groups were formed using normal plastic surfaces, HAVDI and Scrambled HAVDI sequences, and their effects on immune response were investigated in 2D and 3D cell culture environments. RNA and supernatants were collected from ADMSCs after 18 hours of stimulation with 0.1 µg/ml LPS. Results showed that the amount of IL-6 gene and protein increased in cell cultures when the plates were coated with the HAVDI peptide amphiphile, indicating positive effects of the HAVDI peptide sequence on the immunomodulatory response of ADMSCs. In conclusion, the HAVDI peptide sequence can be considered a strategy to enhance the yield of MSCs, which are widely used in clinics. This study demonstrated the positive effects of the HAVDI peptide sequence on the immunomodulatory abilities of ADMSCs, which may have implications for the future development of MSC-based therapies.

**Key Words:** HAVDI, ADMSC, 3D CULTURE, IMMUNOMODULATION

---

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Diyarbakır DİSKİ Enerji Sistemi Güç İletiminde Seri Kompanzasyon  
ile P-  $\delta$  Eğrilerinin Modellenmesi

(Yusuf Berus, Muhammed Fatih Yılmaz, Mohammed Ameen Ahmad, Yurdağül Benteşen  
Yakut)

## Diyarbakır DİSKİ Enerji Sistemi Güç İletiminde Seri Kompanzasyon ile P- $\delta$ Eğrilerinin Modellenmesi

Yusuf Berus<sup>1</sup>, Muhammed Fatih Yılmaz<sup>2</sup>, Mohammed Ameen Ahmad<sup>3</sup>, Yurdağül Benteşen Yakut<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş., Enerji Kayıpları Müdürlüğü Diyarbakır, E-mail: yusufberus@gmail.com

<sup>2</sup>Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş., Operasyonel Teknolojiler Müdürlüğü Diyarbakır, E-mail: mhmmdfthylmz@gmail.com

<sup>3</sup>Modisa Otomasyon A.Ş. Batman, E-mail: modisaautomation@gmail.com

<sup>4</sup>Dicle Üniversitesi Müh. Fak., Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, E-mail: bentesen@dicle.edu.tr

**Özet:** Nüfus artışı, kentleşme, sanayileşme, üretim ve tüketimdeki artışlar tatlı su kaynakları için giderek yükselen bir talep yaratmıştır. Diyarbakır kent merkezinin artan nüfusu doğrultusunda içme suyu ihtiyacı Büyükşehir belediyesine bağlı DİSKİ tarafından sağlanmaktadır. DİSKİ temel olarak içerisinde Pompa, Taşıma ve Arıtma İstasyonlarını barındıran bir bütünsel sistem işletmesidir. Bu yapı elektrik enerji ihtiyacını, Türkiye Elektrik Dağıtım Şebekesinden aldığı 36 kV gerilim kademesi ile karşılamaktadır. Elektrik enerjisinin kesintisiz, kayıpsız ve kaliteli olarak sağlanması kullanıcıların su ihtiyacı için gereklidir. DİSKİ içme suyu bütünsel sistemi elektrik enerjisini kaynak olarak Diyarbakır-3 TM 380/36 kV Yıldız-Üçgen Güç trafosundan 2(3x477MCM) çift devre ile almaktadır. Elektrik enerjisi iletimi hem yeraltı hem de havai hatlar ile yapılmaktadır. İletim hattımızda, Pigeon (3/0) ve Hawk (477MCM) havai hatları ile 1x95/16mm<sup>2</sup> XLPE ve 1x240/25 XLPE yeraltı kabloları her fazda yaklaşık 45 km uzunluğundadır. Elektrik tesisinde ayrıca 5 adet KÖK binası, 3 adet Trafolu Kabin (Trafo Binası) olmak üzere toplamda 62,9 MVA gücünde 9 adet trafo ve 2970 kVAr kapasitor bankı bulunmaktadır. Mevcut yapıda toplamda 17.000 HP gücünde 6 adet asenkron motor bulunduğu sistem yükü endüktif özellik göstermektedir. Bu çalışmada, DİSKİ elektrik enerji sistemi mevcut yapısının modeli oluşturularak verimlilikle çalışması enerji maliyetleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle mevcut elektrik alt yapısının modeli oluşturulmuştur. Bu model üzerinde DİSKİ enerji sisteminin gerilim, güç, açısal konum bilgileri izlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonunda güç iletiminin P-  $\delta$  eğrileri elde edilmiştir. İletim hatlarında mevcut durumun verimini artırmak amacıyla seri kompanzasyon yapılarak hattın reaktans değeri küçültülmüştür. Yapılan model çalışmasında, seri kompanzasyon ile iletim hattında taşına bilinecek maksimum güç miktarı artarken aynı yük açısında ( $\delta$ ) daha büyük miktarda güç taşına bilinmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** DİSKİ, dağıtım şebekesi, P -  $\delta$  eğrileri, orta gerilim kompanzasyonu



## **INSAC International Researches Congress on Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

The Effect of Using Aluminium Foam Material with  
Plastic/Aluminium Sheath on Energy Absorption in Crash Boxes

(Hatice Özbek, Yusuf Ziya Beyzadeoğlu)

## The Effect of Using Aluminium Foam Material with Plastic/Aluminium Sheath on Energy Absorption in Crash Boxes

Hatice Özbek<sup>1</sup>, Yusuf Ziya Beyzadeoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş AR-GE Merkezi, Bursa, Türkiye,  
E-posta: hatice.ozbek@tofas.com.tr

<sup>2</sup>TOFAŞ Türk Otomobil Fabrikası A.Ş AR-GE Merkezi, Bursa, Türkiye,  
E-posta: yusuf.ziyabeyzadeoglu@tofas.com.tr

---

**Abstract:** *The lighting sector, which has developed with the acceptance of lighting as a basic need, continues to develop rapidly in the automotive industry. For almost every vehicle manufacturer, lighting styles and designs determine the characteristics of the models. The most important processes are the design of the lighting element to be used in automotive lighting and the appropriate mould design, part production, and assembly. With computer-aided engineering, virtual analyses used in automotive lighting provide a great advantage in terms of analysing the optical and mechanical outputs of the lighting element parts to be produced before production. Since the lens, which is one of the most important optical parts in automotive exterior lighting products, affects the light direction and intensity, the material used in its construction should also be chosen very carefully. An important parameter in the material selection of the lenses is the heat resistance for the heat which is created by the light source in the lighting element. Another important parameters of an optical system are light sources. Filament lamps differ from other light sources in many points such as light output angles, heat emission amounts, environmental resistance, and working principles. Since the filament lamps release UV light, they cause deformation by heating the surrounding components. For this reason, an experimental study was carried out by comparing the thermal resistance and light transmittance of lenses made of PMMA material with the same structure with different ratios of colour additives, using a 16W filament lamp as a light source.*

**Keywords:** *Automotive lighting, optic material, PMMA, filament lamps*

---

### Introduction

The importance of automotive exterior lighting functions is quite high in ensuring traffic safety. For this reason, automotive lighting is subject to specifications such as ECE and SAE created by internationally recognized commissions [1] [2].

In addition to functional lighting intensity requirements in specifications and norms, life tests are also emphasized. It is important that the materials to be used do not suffer any damage under environmental conditions and any usage conditions. It especially applies to the materials that form the optical system of lighting functions, namely reflectors, lenses, and other lenses. The materials used are selected from high-strength polymer-based plastics, and high-density strength tests and life tests under accelerated and defined conditions are applied to these plastics [3].

Considering the optical requirements to be fulfilled in automotive exterior lighting, the polymers that make up the designed lenses must be made of materials with high light transmission. Glass with high light transmittance is a material that can be used in outer lens

designs because it is resistant to heat generated by light sources. In addition, when environmental factors such as dust and UV rays etc. are taken into account, the deformations that occur in the glasses are almost zero [4]. However, it is more advantageous to use plastic instead of glass in the outer lenses of automotive lighting elements in terms of safety, machinability, and freedom of design. Considering all these, it can be predicted that the use of plastic will increase even more in the future [5].

In the automotive sector, it is seen that many parts of the vehicles are made of plastic materials, especially polymers such as Polycarbonate (PC), Acrylonitrile butadiene styrene (ABS), Polybutylene Terephthalate (PBT), Polymethyl Methacrylate (PMMA) are frequently used. In the design of the lenses of lighting products, the use of PC and PMMA polymers is the most suitable option, since it is necessary to choose a material with high light transmittance in order to meet the optical transmittance conditions. PMMA and PC transparent materials are polymer materials with the highest average light transmittance in the visible region of the electromagnetic spectrum (EMS).

In polymers that are affected by temperature changes, such as PMMA, the material softens as weak bonds break at the melting point and the chains shift from one to the other. At the freezing point, the bonds remodel and the material solidify. Materials that experience these changes are called “thermoplastic materials” [6] [7].

The chemical composition of the material used, its solid-state structure and impurities (internal factors) play an important role. However, external factors such as ambient atmosphere (oxygen), mechanical and biological stress, temperature, and radiation also affect the aging of polymers. The light source used in the lighting function plays an important role in the face of radiation aging. The behavior of materials against heat can change under different wavelengths [8].

The aim of the study is to test the behavior of special polymers used in lighting components when exposed to radiation heat in the face of different light transmittance and finally to obtain valid data for real product applications. For this purpose, Polymethyl Methacrylate (PMMA), one of the most commonly used plastic materials in automotive lighting lamps, was preferred in the scope of the study.

In the study, a filament lamp was used as the light source. The most important difference between filament lamps and other light sources is the temperature value of the light in "kelvin" and the change in the light intensity depending on the wavelength of the light at this temperature value [9]. For this reason, a 16-Watt filament lamp was used in the study to understand the effect of radiation heat on the material.

## **2. Material and Methode**

### **2.1. PMMA (Polymethyl methacrylate)**

PMMA, called polymethyl methacrylate or plexiglass, is widely used in safety glasses, light fixtures, lenses, fiber optics, and contact lenses, as it provides excellent optical properties [10].

It can transmit more than 93% of the light and provides 4% reflection [11]. In previous studies, the refractive index of pure PMMA polymer was measured as 1.49 [12]. It is the most ideal alternative for glass as its raw form is almost as clear as glass and has high light transmission. Compared to glass with very good optical properties, it is softer and has excellent impact resistance compared to glass.

PMMA filters UV rays lower than 300 nm wavelength [13]. It can be produced in many different colors and the light transmittance decreases as the color gets darker. Additives such as color are applied to PMMA products, reducing the light transmittance and filtering light up to 300-400 nm wavelengths. It transmits infrared rays up to a wavelength of 2800 nm.

PMMA has very good thermal stability as it can stay well up to 200 °C [14]. Another advantage is that it has high UV resistance and high resistance to environmental factors such as humidity due to low water absorption. All these are the reasons to prefer PMMA for optical surface design. Since it is a material that softens when heated and hardens again when cooled, it enters the class of thermoplastics, and the high number of production options of thermoplastics increases its preference. Table 1 shows some properties of PMMA material.

**Table 7.** PMMA materials properties.

Special Feature	Average Value
Tensile Strength	55-80 MN/m <sup>2</sup>
Strain Failure	% < 10
Flexing Endurance	100-150 MN/m <sup>2</sup>
Specific Heat	1.25 - 1.7 kJ/kg/°C
Thermal Expansion Coefficient	5-10 x 10 <sup>-3</sup> /°C
Density	1.0 - 1.2
Water Absorption	%0.1 - 0.5
Refractive Index	1.492

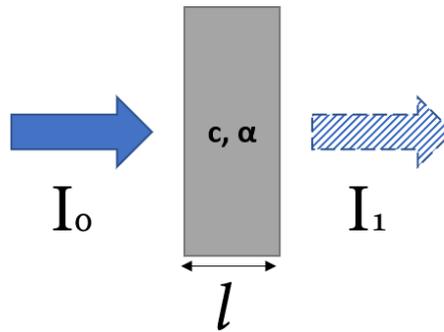
## 2.2. Absorption and Transmission

Waves carrying electromagnetic energy, also called light or photons, can be absorbed by particles carrying an electrical charge, such as electrons. This absorption process is called “absorption”. Every material cannot transmit all the light falling on it, it absorbs some of it selectively. The absorbed light transfers its energy and momentum to the charged particle, and the photons cease to exist [15] [16] [17]. The energy absorbed by the particle from the photon causes the particle to increase in energy and heat up. Materials transmit light that they do not absorb, which is called “transmission”.

The color of materials is electromagnetic rays that pass through the material for transparent materials or reflect from non-transparent ones and reach our eyes in the visible region.

Most materials transmit some wavelengths and absorb some other wavelengths (Figure 1). This situation is expressed as the “absorption coefficient of light ( $\alpha$ )”. According to the Lambert-Beer law of absorption in the material, the amount of light passing through a homogeneous material of equal thickness is logarithmically inversely proportional to the path traveled by the

light on the material and the intensity of the material, and proportional directly to the amount of absorbed light [18].



**Figure 18.** Light entering and exiting the material.

$$T = \frac{I_1}{I_0}$$

$$\%T = \frac{I_1}{I_0} \times 100$$

The ratio of the amount of light entering the material to the amount of light coming out is expressed as Transmittance (T), usually expressed as a percent “%T”.

In this article, transmission rates in PMMA materials are analyzed according to color additive ratios.

In Table 2, x-y positions and permeability of PMMA materials, which consist of different color additives, measured with Perkin Elmer Lambda 19 device, are given according to the CIE graph. In the study, the analyzes of the materials with these values were made and the relationship between color additives, permeability, and thermal resistance was examined.

**Table 8.** x-y position and permeability of PMMA.

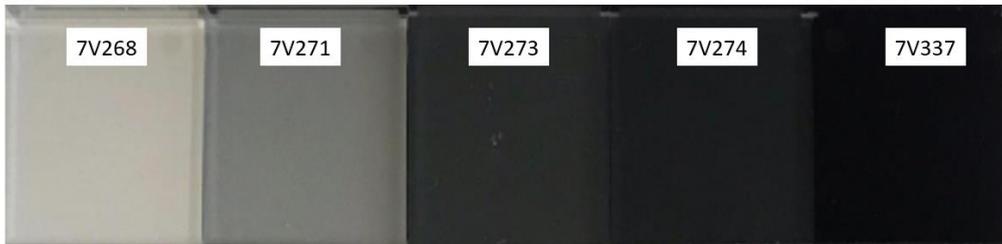
color-no	thickness [mm]	$\tau$ [%]	x	y
7V268	2	87,21	0.4468	0.4081
7V271	2	73,85	0.4447	0.4092
7V273	2	48,81	0.4409	0.4103
7V274	2	38,65	0.4404	0.4109
7V337	2	3,24	0.4155	0.4062

### 3. Experimental Studies

In this study, the thermal resistance of PMMA materials containing different paint additives was measured. In the studies, PMMA plates with 5 different additive ratios, each 2 mm thick, were

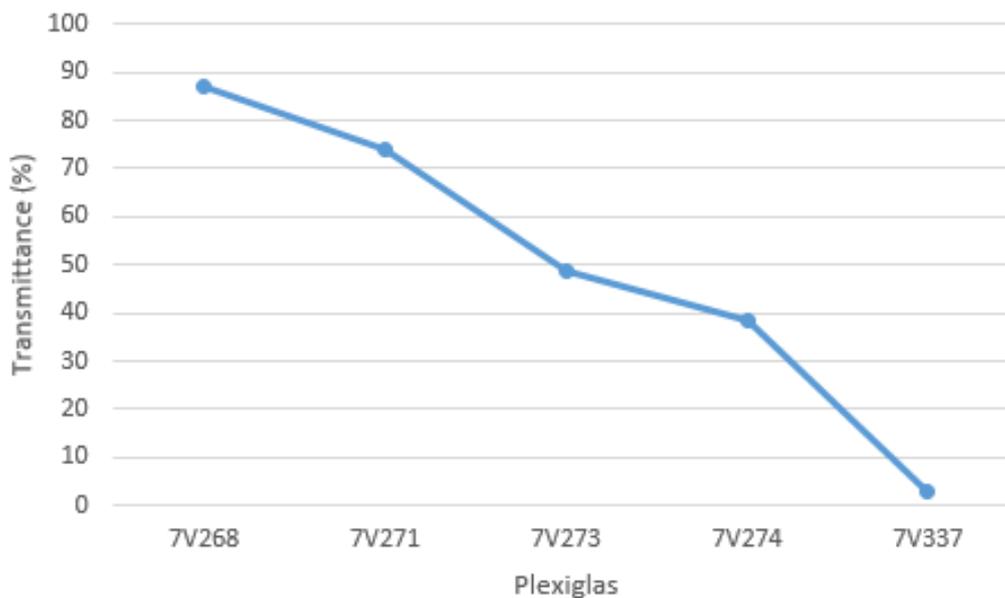
used. PMMA plates fixed at 2.5 cm from the W16W bulb within the designed closed spaces were tested in a cabinet with a constant 24 °C and 40% constant humidity. At certain time intervals, the surface temperatures of the plates were measured with the thermocouple and the results were compared.

In Figure 2, PMMA plates containing different paint additives used in the study are shown.



**Figure 19.** PMMA plates with different paint additives.

In Figure 3, the transmittance values at 2 mm of PMMA plates containing different paint additives used in the study are given.



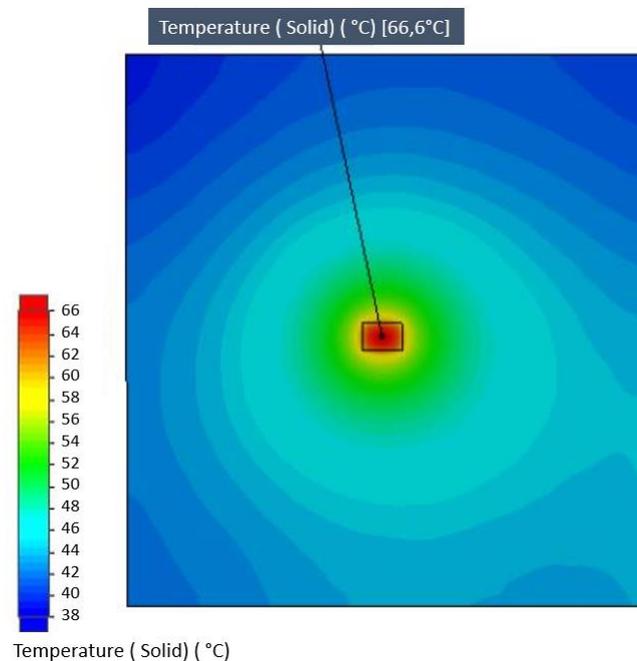
**Figure 20.** Transmittance of PMMA plates containing different paint additives.

In Table 3, the test began temperature and 15-minute intervals of measured temperature of the PMMA plate surfaces are given.

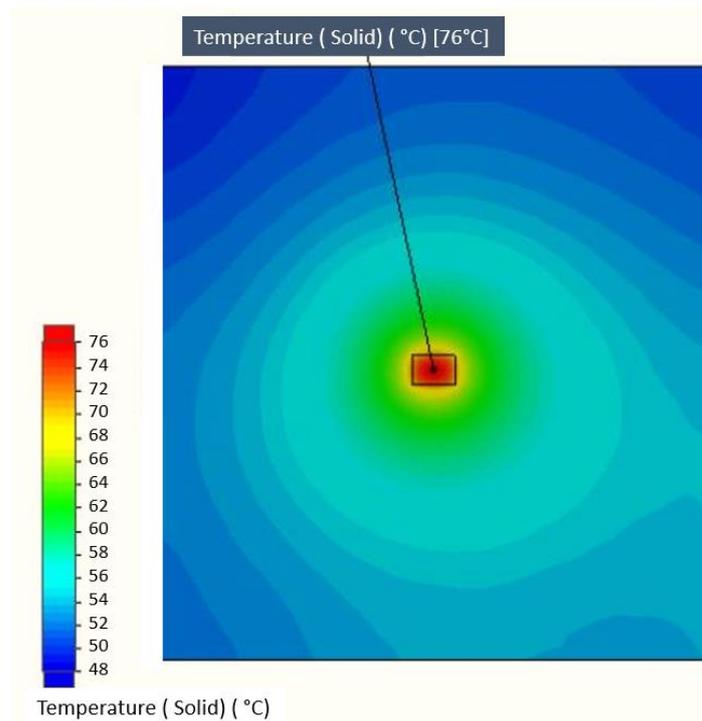
Time(minute)\Plexiglas	Temperature (°C)				
	7V268	7V271	7V273	7V274	7V337
0	23,7	24,2	23,7	24,4	23,9
15	65,2	66,6	70,6	71,8	72,7
30	66,5	68	72,1	73,8	75,3
45	66,6	68,9	72,5	74,4	76

**Table 9.** Temperature values of PMMA plate surfaces measured over time.

This study was also supported by numerical analysis. The thermal values on the most transparent PMMA and the least transparent PMMA under the same conditions as the cabinet are shown in Figures 4 and 5.



**Figure 21.** 7V268 material' thermal analysis.



**Figure 22.** 7V337 material' thermal analysis.

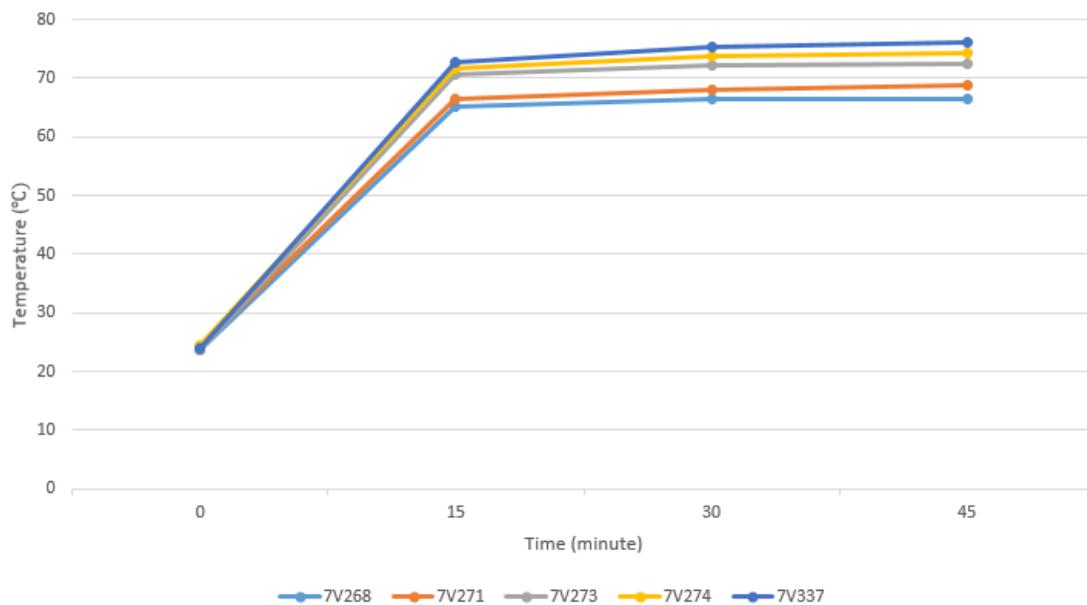
#### 4. Conclusion

By using 5 different 2mm thick PMMA plates with different paint additive ratios, it was aimed to examine the thermal effect of the additive ratios and a numerical comparison was made by taking the surface temperature measurement results at 15-minute intervals (Figure 6).

Figure 3, the test start temperature and 15-minute intervals of measured temperature of the PMMA plate surfaces are given.

Obtained results show that as the paint additive ratio increases in PMMA materials, the light transmittance will decrease, the absorption will increase, and accordingly the surface temperature will increase.

Considering the thermal life tests of automotive exterior lamps determined by OEMs, the study becomes very important and constitutes an input for future vehicle exterior lamp manufacturers. It is known from previous studies that even small temperature increases on the lens surface of the lamp can cause product deformation. These deformations that occur aesthetically are not accepted by OEMs. In product feasibility studies, it has been revealed that temperature changes due to color additives should be added to the analysis while performing thermal analysis. Thus, any negative results in the physical thermal tests to be carried out after the products are produced will be prevented and a stronger correlation will be established between simulations and physical life tests.



**Figure 23.** Temperature curves of PMMA plate surfaces measured against time.

## 5. Rerences

- [1] Zandi, B., Polin, D., Khanh, T. Q. (2017). Validity range of luminance and luminous intensity for a right characterization of rear lamps under mesopic vision conditions. ISAL. Darmstadt.
- [2] UNECE. (2013). Contracting Parties to the Agreement, Their date of application of the UN Regulations and designated Type Approval Authority and Technical Services Rev.21. UNECE Vehicle Regulations.
- [3] Meyer, J., Tappe, F., Schmidt, N. (2015). Durability of polymer materials in high intensity. ISAL, Germany.
- [4] Paßlick, C. (2017). Complex Glass Optics for LED and Laser Headlamp Systems. ISAL, Darmstadt.
- [5] Patil, A., Patel, A., & Purohit, R. (2017). An overview of Polymeric Materials for Automotive Applications.
- [6] Noort, R.V. (2002). Introduction to Dental Materials. Mosby Inc. p. 31-36.
- [7] Sakaguchi R.L, Powers J.M. (2012). Elsevier Health Sciences. Chapter/9 Restorative Materials—Composites And Polymers. p.191-192.
- [8] Ehrenstein, G. W.; Pongratz, S. (2007). Resistance of plastics. Carl Hanser Publishing House, München, p.34-35.
- [9] Johnson, C. (2012). Mathematical Physics of BlackBody Radiation. School of Computer Science and Communication.
- [10] Muller, A. H, Matyjaszewski, K. (2009). Controlled and Living Polymerizations. Chemistry, WILEY-VCH Verlag.

- [11] Ajayan, P. M. Schadler, L.S. Braun, P.V (2003). Nanocomposite Science and Technology. Wiley-VCH.
- [12] Nahida, J. H. (2012). Spectrophotometric analysis for the UV-irradiated (PMMA). International Journal of Basic & Applied Sciences, 12(2), 58-67.
- [13] Kaino, T. (2014). Encyclopedia of Polymeric Nanomaterials. Optical Absorption of Polymers.
- [14] Ali, U., Karim, K. J. B. A., & Buang, N. A. (2015). A review of the properties and applications of poly (methyl methacrylate)(PMMA). Polymer Reviews, 55(4), 678-705.
- [15] R. Freeman, J. A. King, and G. P. Lafyatis (2019). Electromagnetic Radiation. Oxford University Press.
- [16] C. Koutsojannis. (2018). Electromagnetic Radiation. History, Theory and Research, Nova Science.
- [17] Kudo, H. (2018). Radiation Applications. Springer.
- [18] Taylor, A. E. (2000). Illumination fundamentals. Lighting Research Center, United States.

insoc



**INSAC International Researches Congress on  
Natural and Engineering Sciences (INSAC-IRNES'23)**

Atık Baskılı Devre Kartlarından Hidrometalurjik Yöntemle Değerli  
Metallerin (Ag, Pd, Ni) Eldesi

(Zeynep Gülçin Seçkin, Burcu Didem Çorbacıoğlu)

## Atık Baskılı Devre Kartlarından Hidrometalurjik Yöntemle Değerli Metallerin (Ag, Pd, Ni) Eldesi

Zeynep Gülçin Seçkin<sup>1</sup>, Burcu Didem Çorbacıoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
E-mail: zgulgoktas@gmail.com

<sup>2</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul  
E-mail: bcorbaci@yildiz.edu.tr

**Özet:** Teknolojinin hızlı bir şekilde gelişmesi ile Dünyada en çok büyüyen atık akışlarından biri atık elektrik ve elektronik eşyalardır. Bu nedenle AEEE (atık elektrik ve elektronik eşya) 'ların içeriğinde yer alan atık baskılı devre kartlarından değerli metallerin yeşil kimya yöntemleri kullanılarak geri kazanımı çevresel ve ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı iletişim sektöründen tedarik edilen ABDK (atık baskılı devre kartı) 'larında yer alan gümüş (Ag), paladyum (Pd), nikel (Ni) değerli metallerinin hidrometalurjik yöntemlerle geri kazanılmasıdır. ABDK'ları anakart ve anakart komponentler olarak iki bölüme manüel olarak ayrılmış, numuneler kırma ve öğütme ön işlemlerine tabi tutulmuştur. Anakart ve anakart komponent toz numunelerde HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, HNO<sub>3</sub> ile liç işlemlerine tabi tutulmuş ve liç işlemleri için asit konsantrasyonu, sıcaklık, süre için optimum koşullar belirlenmiştir. Belirlenen liç sistemleri ile sıvı faza alınan Ag, Pd, Ni değerli metalleri dört farklı iyonik sıvı [Bmim][PF<sub>6</sub>], [Bmim][Tf<sub>2</sub>N], [Hmim][Tf<sub>2</sub>N], [Hmim][PF<sub>6</sub>] ile oda şartlarında ekstrakte edilmiş ve farklı tipteki iyonik sıvılarda ekstraksiyon mekanizmaları incelenmiştir. Anakart numunede; Ag [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] iyonik sıvısında %87, Pd [Bmim][PF<sub>6</sub>] 'da %85, Ni [Hmim][PF<sub>6</sub>] 'da %90 oranında, anakart komponent numunede ise; Ag [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] iyonik sıvısında %88, Pd [Bmim][PF<sub>6</sub>] 'da %90, Ni [Hmim][PF<sub>6</sub>] 'da %84 olarak ekstraksiyon verimlilikleri belirlenmiştir. Dört farklı iyonik sıvının asidik liç ortamında Ag, Pd ve Ni değerli metalleri için etkin ekstraksiyon özelliği gösterdiği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** atık baskılı devre kartları, gümüş, paladyum, nikel, iyonik sıvı.

### Giriş

Elektrik ve elektronik endüstrisinin dünyanın en büyük ve hızlı büyüyen üretim kapasitesine sahip olması, üretilen yeni teknolojilerin cihazların teknolojik özelliklerini hızlı bir şekilde eskitmekte ve kullanım ömürlerini kısaltmaktadır. Elektrik ve elektronik eşyaların fonksiyonel ömürleri ile teknolojik ömürleri arasındaki farkın her geçen gün artması bu eşyaların atıl duruma gelmesine ve elektrik-elektronik atık (AEEE) oluşmasına sebep olmaktadır. Genellikle yakma ve gömme gibi bertaraf yöntemlerine tabi tutulan bu atıklar içerdikleri organik ve inorganik maddeler nedeniyle çevre kirliliğine ve ekonomik kayba neden olmaktadır. Elektrik ve elektronik atıklar; altın, gümüş, paladyum, bakır, nikel gibi ekonomik değerleri bulunan metalleri bünyesinde bulundurmaktadır. Çevreye duyarlı yöntemlerle bu değerli metallerin geri

kazanılması ve yeniden ekonomiye kazandırılması, hem ekonomik hem de doğal kaynakların korunması yönünden büyük önem taşımaktadır. Atık elektrikli ve elektronik ekipmanlar (AEEE), dünya çapında üretilen toplam evsel katı atık miktarının %5'inden fazlasını oluşturmakta ve 2019 yılında 53,6 milyon metrik ton (Mt) olarak belirlenen e-atık miktarının devam eden akış ile birlikte 2030 yılına kadar 74,7 Mt ulaşacağı öngörülmektedir (Forti vd., 2020). Ayrıca AEEE Avrupa'da yılda %8 büyümeye en hızlı büyüyen atık türlerinden biri olarak kabul edilmektedir (Ciftlik vd., 2011; Baldé vd., 2017). 2019'da resmi olarak belgelenmiş toplama ve geri dönüşüm miktarı 9,3 Mt'dur. Türkiye'de, ülke ekonomisinin büyümesiyle birlikte AEEE'nin üretiminin 2005 yılında, ortalama kişi başı 4,3 kg, 2016 yılında 7,9 kg, 2019 yılında 10,2 kg olduğu belirtilmiştir (Baldé vd., 2017; Forti vd., 2020; Widmer vd., 2005). Türkiye'de üretilen e-atık miktarının sadece %1'lik bir kısmı geri dönüşüm için kullanılmaktadır (United Nations University, 2015; Sayman ve Akpulat, 2016). Türkiye'de 2015 yılında toplanan e-atık 11,6 kt, 2016 yılında toplanan e-atık 23,03 kt, 2017 yılında toplanan e-atık 19,22 kt, 2018 yılında ise toplanan e-atık 23,36 kt olarak bildirilmiştir (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, TABS, 2020).

Elektrik ve Elektronik atıklardan değerli metal geri kazanımına yönelik yeşil ve sürdürülebilir tekniklerin geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yoğunlaşmıştır. Günümüzde geleneksel klor liçi, biyoliç ve basınçlı sülfat liçi gibi yöntemler kullanılarak AEEE değerli metal geri kazanımı yapılmaktadır. Fakat liç işleminde kullanılan kimyasalların toksitesine ve çevresel zararlarına bağlı olarak yeşil ve sürdürülebilir yeni liç metodlarının araştırılması ihtiyacı doğmuştur. İyonik sıvılar ve sulu çözeltileri laboratuvar ortamında altın, gümüş, paladyum, nikel ve bakır gibi metallerin geri kazanımı içinde kullanılmaya başlanmıştır. İlk iyonik sıvı 1914 yılında Welton tarafından [EtNH<sub>3</sub>][NO<sub>3</sub>] olarak tanımlanmıştır (Welton vd., 1999). 1940'lı yıllarda alüminyum klorür bazlı ergimiş tuzlar yüksek sıcaklıklarda elektrolitik kaplamalar için kullanılmışlardır. 1970'lerin başında Wilkes, yapımında ergimiş tuzlara gereksinim duyulan nükleer savaş başlıkları ve uzay araçları için daha iyi bataryalar geliştirmeye çalışmışlardır (Wilkes, J.S., vd., 1982). Bu ergimiş tuzlar yakın mesafedeki malzemeleri hasara uğratmak için yeterince sıcak değillerdi. Dolayısıyla kimyacılar, düşük sıcaklıklarda sıvı kalabilen tuzlar için araştırmalar yaptılar ve oda sıcaklığında sıvı olan bir tuz keşfetmişlerdir. Wilkes ve arkadaşları daha sonra batarya elektroliti olarak kullanılmak üzere iyonik sıvıları geliştirmeye devam etmişlerdir. Böylece iyonik sıvıları üreten ve özelliklerini test eden küçük bir araştırma grubu kurulmuştur (Fannin, A.A., vd., 1984, Dupont, J., vd., 2004). 1990'lı yılların sonlarına doğru iyonik sıvılar umut vadeden solventler olmaya başlamıştır. Organo-alüminat gibi ilk iyonik sıvılar suda ve havada bozunduklarından uygulama alanları sınırlı kalmıştır. 1-n-butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate ([Bmim][BF<sub>4</sub>]) ve 1-n-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate ([Bmim][PF<sub>6</sub>]) gibi havada kararlı iyonik sıvıların sentezinin arkasından suda ve havada kararlı iyonik sıvıların satışında büyük bir artış yaşanmıştır (Dupont, J., vd., 2004). İyonik sıvılar henüz çok yeni bir çalışma alanı olduğundan, bunların yoğunluk ve viskozite gibi temel fiziksel özellikleri hala araştırma konusudur (Brennecke, J.F., vd., 2001).

Literatürde iyonik sıvılar ve spesifik uygulamaları üzerine yapılan çalışmalar gün geçtikçe artmaktadır. Araştırmaların gelecekteki hedefleri, iyonik sıvıların büyük ölçekli kimyasal proseslerde solvent ve katalizör olarak kullanımının ticarileşmesine yönelik olacaktır. İyonik sıvılar pozitif ve negatif yüklü iyonlardan oluşurlar, moleküllerden oluşmazlar. İyonik sıvıların yapıları, pozitif sodyum ve negatif klorür iyonlarından oluşan sodyum klorür gibi tuzların yapısı

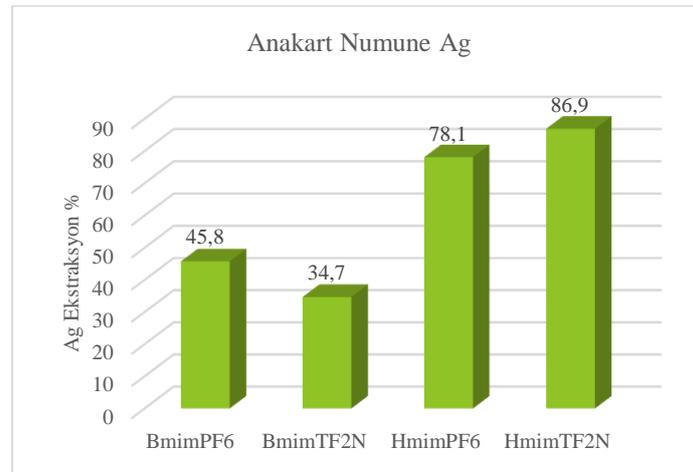
ile benzerlik gösterirler. Fakat tuzlar 800°C'ın altında erimezken birçok iyonik sıvı oda sıcaklığında sıvı haldedir. İyonik sıvılar konusunda yapılan bilimsel çalışmaların sayısı gün geçtikçe katlanarak artmaktadır. Laboratuvar ve endüstriyel uygulamalarda umut verici alternatif çözücüler olarak kullanılmaktadırlar.

### Materyal ve Metod

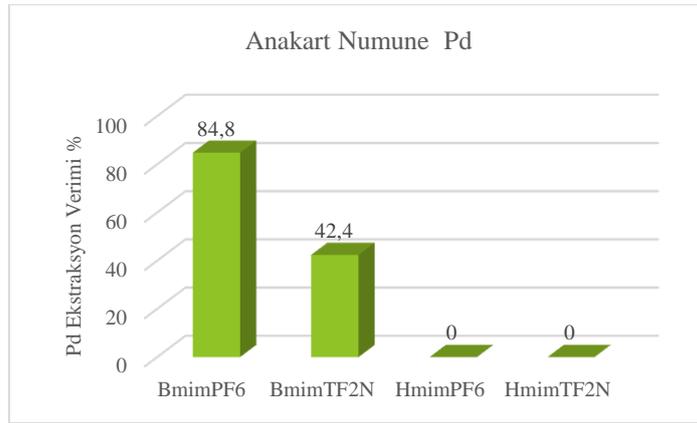
İletişim sektörüne yönelik atık elektrik ve elektronik eşyalardan ömrünü tamamlamış baskılı devre kartları temin edilmiştir. ABDK' ların üzerindeki kondansatör, direnç, transistör, metal soğutucu plakalar, vs gibi kolayca sökülebilir devre elemanları manüel olarak tornavida, keski vb. kullanılarak baskılı devre kartlarının ana gövdesinden ayrılmıştır. Anakart plastik kırma makinesinde tek kademeli kırılarak bilyalı değirmende toz haline getirilmiştir. Anakart üzerinde yer alan bileşenlerden değerli metal içerdiği belirlenen komponentler çekiçli kırma makinasında kırılarak halkalı değirmende öğütülmüştür. Çalışmalar anakart toz numune ve komponent toz numune olarak iki farklı numunede gerçekleştirilmiştir. Liç asitleri olarak üç farklı asit; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (%95,98), HNO<sub>3</sub> (%65), HCl (%37) ve oksitleyici olarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (%37) kullanılmıştır. Numunelerde yapılan liç işlemlerinde çözeltiye geçen değerli metal miktarları ICP-OES cihazı ile ölçülmüş elde edilen veriler optimizasyon programında taguchi analiz yöntemi ile analiz edilerek optimum koşullar belirlenmiştir. Anakart ve komponent numunelerin içeriğindeki değerli metaller optimum koşullarda asit liç sistemleri ile çözeltiye alınmış ve dört farklı iyonik sıvı ile [Bmim][PF<sub>6</sub>], [Bmim][Tf<sub>2</sub>N], [Hmim][Tf<sub>2</sub>N], [Hmim][PF<sub>6</sub>] ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur.

### Bulgular

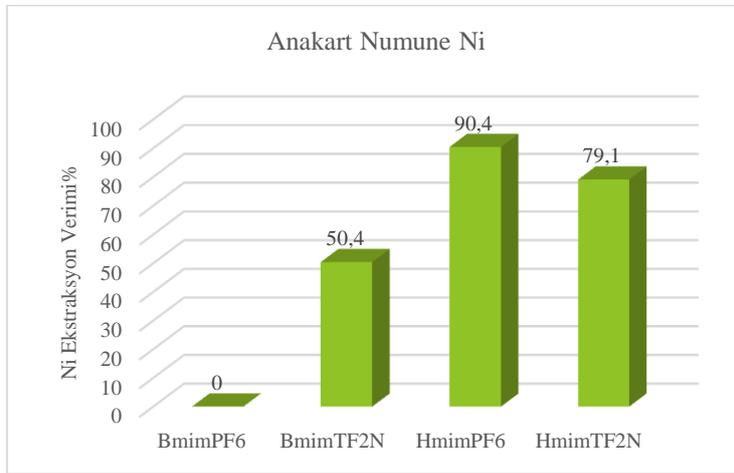
Anakart numunemizde optimum koşullarda Ag, Ni, Pd en yüksek ekstraksiyon verimi, Ag [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] %86,9, Pd [Bmim][PF<sub>6</sub>] %84,8, Ni [Hmim][PF<sub>6</sub>] %90,4 , Anakart komponent numunemizde yapılan çalışmalarda en yüksek ekstraksiyon verimi, Ag [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] %88 Pd [Bmim][PF<sub>6</sub>] %89,6, Ni [Hmim][PF<sub>6</sub>] %84 olarak belirlenmiştir. Grafikler aşağıda verilmektedir.



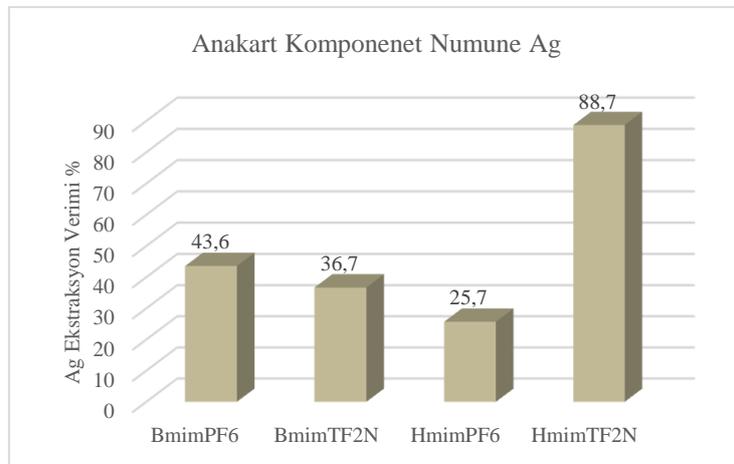
Grafik 1: Anakart numunede Ag iyonu için ekstraksiyon verimlilikleri.



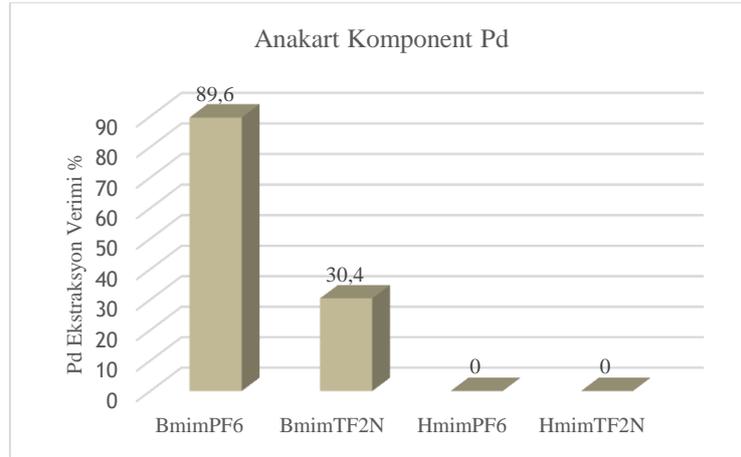
Grafik 2: Anakart numunede Pd iyonu için ekstraksiyon verimlilikleri.



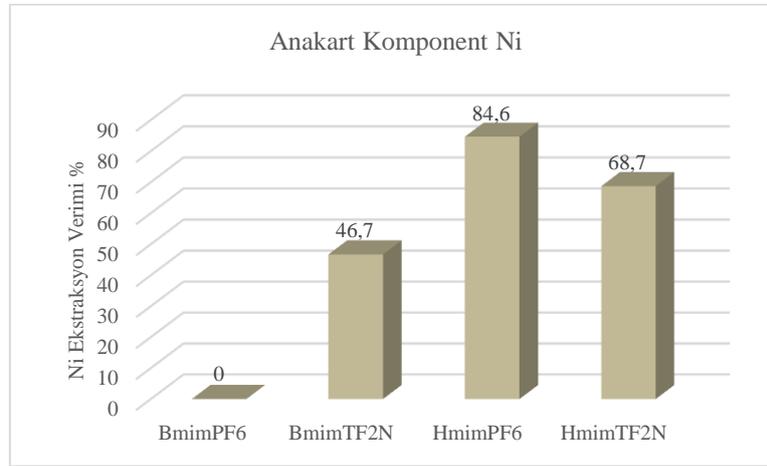
Grafik 3: Anakart numunede Ni iyonu için ekstraksiyon verimlilikleri.



Grafik 4. Anakart komponent numunede Ag iyonu için ekstraksiyon verimlilikleri.



Grafik 5. Anakart komponent numunede Pd iyonu için ekstraksiyon verimlilikleri.



Grafik 6. Anakart komponent numunede Pd iyonu için ekstraksiyon verimlilikleri.

## Sonuçlar

Anakart numunede yapılan çalışma sonucunda Ag ekstraksiyonun da kullanılan [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] iyonik sıvı için Pd in liç ekstraksiyona uğramaması sebebiyle seçimli ekstraksiyon olarak kullanılacağı ortaya konulmuştur. Ayrıca Ag ekstraksiyonunda [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] ve [Hmim][PF<sub>6</sub>] iyonik sıvıların aynı katyona sahip olup farklı anyonlarda farklı ekstraksiyon verimliliklerinin belirlenmesi sayesinde iyonik sıvı anyonun ekstraksiyon mekanizmasındaki etkileri gözlemlenmektedir. Ag için [Tf<sub>2</sub>N] iyonun [PF<sub>6</sub>] İyonundan daha etkin ekstraksiyon özelliği gösterdiği, [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] nin viskozitesinin ve hidrofobitesinin fazla olmasına rağmen daha etkin ekstrakte özellik göstermesinin [PF<sub>6</sub>] iyonun yoğun asidik ortamda daha zayıf kimyasal stabiliteye sahip olması olarak yorumlanmıştır. Bunun yanında aynı katyona farklı anyona sahip iki iyonik sıvının gümüş ekstraksiyonunda karşılaştırılması söz konusu olursa; [Hmim][PF<sub>6</sub>] iyonik sıvısının yüksek asidik ortamda hidroliz reaksiyon ürünlerinin HF gazı içermesi sebebiyle [Hmim][Tf<sub>2</sub>N] tercih edilen iyonik sıvı olmaya aday olduğu belirlenmiştir.

## Kaynaklar

- Baldé, C.P., Forti V., Gray, V., Kuehr, R., Stegmann, P., 2017. The Global E-waste Monitor – 2017, United Nations University (UNU), International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Vienna.
- Brennecke, J.F. ve Maginn, E.J., (2001). “Ionic Liquids: Innovative Fluids for Chemical Processing”, *AIChE J.* 47:2384-2388.
- Ciftlik, S., Handiri, I., Beyhan, M., Akcil, A., Ilgar, M., Gonullu, T., 2009. Electrical and electronic waste (E-waste) management, evaluation of potential in terms of economics and metal recovery, Management of solid waste symposium in Turkey (TÜRKAY2009), 15-17 June 2009, İstanbul.
- Ciftlik, S., Handiri, I., Beyhan, M., Akcil, A., Ilgar, M., Gonullu, T., 2011. Evaluation of Management, Economy and The Potential of Metal Recovery of Electrical and Electronic Wastes (E-Waste). *Journal of Engineering and Natural Sciences Sigma*, 3, 261-267
- Dupont, J., (2004). “On the Solid, Liquid and Solution Structural Organization of Imidazolium Ionic Liquids”, *J. Braz. Chem. Soc.* 15:341-350.
- Fannin, A.A., Floreani, D.A., King, L.A., Landers, J.S., Piersma, B.J., Stech, D.J., Vaughn, R.L., Wilkes, J.S. ve Williams, J.L. (1984). “Properties of 1,3-dialkylimidazolium Chloride Aluminium Chloride Ionic Liquids”, Part 2, *J. Phys. Chem.* 88: 2614-2627.
- Forti V., Baldé C.P., Kuehr R., Bel G., 2020. The Global E-waste Monitor 2020: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/United Nations Institute for Training and Research 155 (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA), Bonn/Geneva/Rotterdam Hillier, B. (1996). *Space is the Machine*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sayman, R.U., Akpulat, O., 2016. Regulation on the Control of Waste Electrical and Electronic Equipment, Municipality Implementation Guidance; Regional Environmental Center (REC): Anka United Nations University, 2015. Erişim tarihi: 29.09.2017. <http://www.stepinitiative.org/Overview.Turkey.html>, Turkey.
- Welton, T., (1999). “Room Temperature Ionic Liquids: Solvents for Synthesis and Catalysis”, *Chem. Rev.* 99:2071-2084.
- Widmer, R., Oswald-Krapf, H., Sinha-Khetriwal, D., Schnellmann, M., Böni, H., 2005. Global Perspectives on E-waste. *Environmental Impact Assessment Review*, 25(5), 436-458.
- Wilkes, J.S., Levitsky, J.A., Wilson, R.A. ve Hussey, C.L., (1982). “Dialkylimidazolium Chloroaluminate Melts, a New Class of Room Temperature Ionic Liquids for Electrochemistry, Spectroscopy and Synthesis”, *Inorg. Chem.* 21:1263-1264.



[insackongre@gmail.com](mailto:insackongre@gmail.com)

## Konular

Biyoloji, Fizik, İstatistik, Kimya, Matematik, Moleküler Biyoloji ve Genetik, Atmosfer Bilimleri, Meteoroloji Mühendisliği, Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği, Biyomedikal Mühendisliği, Biyomühendislik, Çevre Bilimleri ve Mühendisliği, Deniz ve Gemi Mühendisliği, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Elektronik-Haberleşme Mühendisliği, Endüstri Mühendisliği, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Gıda Bilimleri ve Mühendisliği, Harita Mühendisliği, İnşaat Mühendisliği, Kimya Mühendisliği, Maden Mühendisliği, Makine Mühendisliği, Malzeme ve Metalurji Mühendisliği, Mekatronik Mühendisliği, Nükleer Mühendisliği, Otomotiv Mühendisliği, Petrol Mühendisliği, Tekstil Bilimleri ve Mühendisliği, Uçak-Havacılık-Uzay Mühendisliği, Yer Bilimleri ve Mühendisliği

Bahçe Bitkileri, Yetiştirme ve Islahı Bitki Koruma, Biyosistem Mühendisliği, Orman Endüstri Mühendisliği, Orman Mühendisliği, Peyzaj Mimarlığı, Su Ürünleri, Tarım Ekonomisi, Tarımsal Biyoteknoloji, Tarımsal Mekanizasyon, Tarımsal Yapılar ve Sulama Tarla Bitkileri, Yetiştirme ve Islahı, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Zootečni

## Topics

Biology, Physics, Statistics, Chemistry, Maths, Molecular Biology and Genetics, Atmospheric Sciences and Meteorological Engineering, Computer Science and Engineering, Biomedical Engineering, Bioengineering, Environmental Sciences and Engineering Marine and Marine Engineering, Electrical Engineering, Electronics and Communication Engineering, Industrial Engineering, Energy Systems Engineering, Food Science and Engineering, Map Engineering, Civil Engineering, Chemical Engineering, Mining Engineering, Mechanical Engineering, Materials and Metallurgical Engineering, Mechatronic Engineering, Nuclear Engineering, Automotive Engineering, Petroleum Engineering, Textile Sciences and Engineering, Aerospace Engineering, Earth Sciences and Engineering.

Horticulture, Breeding and Breeding Plant Protection, Biosystems Engineering, Forest Industry Engineering, Forest Engineering, Landscape Architecture, Seafood Farming Economy, Agricultural Biotechnology, Agricultural Mechanization, Agricultural Structures and Irrigation Field Crops, Breeding and Breeding Soil Science and Plant Nutrition, Animal Science