

Ulusal Sempozyum / Uluslararası Katılımlı  
National Symposium with International Participation



T.C. İSTANBUL  
**RUMELİ  
ÜNİVERSİTESİ**

**4. RUMELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ VE TASARIM SEMPOZYUMU**  
**Uluslararası Katılımlı**

**4st RUMELI ENERGY AND DESIGN FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT SYMPOSIUM**  
**With International Participation**

Editör  
Ahmet CAN

**İstanbul Rumeli Üniversitesi Haliç Yerleşkesi Kongre Merkezi İSTANBUL TÜRKİYE**  
**8 – 9 Şubat 2024**

**Istanbul Rumeli University Haliç Campus Congress Center ISTANBUL/TURKEY**  
**February 8 – 9, 2024**





# 4. RUMELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ VE TASARIM SEMPOZYUMU

İSTANBUL RUMELİ ÜNİVERSİTESİ HALIÇ YERLEŞKESİ KONGRE MERKEZİ  
8-9 Şubat 2024

## ONUR KURULU

**Fikriye BALCI**  
Balcı Vakfı Başkanı

**Vet. Hek. Nazlı Hilal BALCI**  
Mütevelli Heyeti Başkanı

**Prof. Dr. Mustafa KARA**  
Rektör V.

## BİLİM KURULU

**Prof. Dr. Mahmut BİLGEHAN** – Kastamonu Üniversitesi  
**Prof. Dr. Ertan BUYRUK** – Sivas Cumhuriyet Üniversitesi  
**Prof. Dr. Didem BAŞ** – Edirne Trakya Üniversitesi  
**Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Prof. Dr. Osman ÇAKMAK** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN** – Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi  
**Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ** – İstanbul Yıldız Teknik Üniversitesi  
**Prof. Dr. Mesut GÜR** – İstanbul Technical Üniversitesi  
**Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN** – Kayseri Erciyes Üniversitesi  
**Prof. Dr. Erdal İlyas KEREM** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN** – Aydın Adnan Menderes Üniversitesi  
**Prof. Dr. İlhami KIZIROĞLU** – Ankara OSTİM Teknik Üniversitesi  
**Prof. Dr. Hilmi KUŞCU** – Edirne Trakya Üniversitesi  
**Prof. Dr. Gülçin KÜÇÜKKAYA** – İstanbul Yeditepe Üniversitesi  
**Prof. Dr. İlhan OSMANŞAHİN** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Prof. Dr. Aysun SAĞBAŞ** – Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi  
**Prof. Dr. Muharrem Tolga SAKALLI** – Edirne Trakya Üniversitesi  
**Prof. Dr. Münevver SÖKMEN** – Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi  
**Prof. Dr. Ahmet TOPUZ** – İstanbul Arel Üniversitesi

## DÜZENLEME KURULU

**Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN** – Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Dekanı  
**Prof. Dr. İlyas Erdal KEREM** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Prof. Dr. İlhan Osman ŞAHİN** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL** – İnşaat Mühendisliği Bölüm Başkanı  
**Doç. Dr. Aybike ÖNGEL** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Doç. Dr. Mehmet Ercan NERGİZ** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Ali PAŞAOĞLU** – İst. Rumeli Üniversitesi Bilg. Müh. Bölüm Başkanı  
**Dr. Öğr. Üyesi Ali Rıza GÜNER** – Endüstri Mühendisliği Bölümü Başkanı  
**Dr. Öğr. Üyesi Adil YİĞİT** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Arman ATASOY** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Ayla ÖZTÜRK** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Cenk GÜNGÖR** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Haldun TURAN** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Hatice GÜNER** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Aydın ULAS** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Nazlı GÜNEY** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Onur ARI** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Saim TAPHASANOĞLU** – İst. Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Salih ERGÜT** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Turgay TÜRKER** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Ülker BAŞAR** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Dr. Öğr. Üyesi Yasin UÇAKAN** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Öğr. Gör. Merve Terzi** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Arş. Gör. Abdullah Zübeyir ŞEKERCİ** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Arş. Gör. Abdurrahman ÖZCAN** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Arş. Gör. Ahmet Sinan TEKER** – İstanbul Rumeli Üniversitesi  
**Arş. Gör. Fatih ÇIBUK** – İstanbul Rumeli Üniversitesi

## AMAÇ VE KAPSAM

İstanbul Rumeli Üniversitesi bünyesinde yılda bir defa gerçekleştirilen sempozyumun amacı, bilimin rehberliğinde Türkiye'mizin değişen ve gelişen taleplerine öncülük etmektir. Sürdürülebilir çevre ve yaşam için gerekli enerji şekilleri ile yeni özgün yaklaşım veya buluş içeren ve bunların kullanımı ile ilgili kuralları ortaya koyan özgün çalışmalara öncelik verilecektir. Mühendislik alanı ile ilgili tasarımlarda kullanılacak malzemelerin, araçların ve yöntemlerin sıfır karbon yasası ya da mevcut karbondioksit salınımını %20 azaltacak yöntemlerin ve uygulamaların tanıtıldığı özgün bilimsel çalışmalar seçilecektir.

## BİLDİRİ DEĞERLENDİRİLMESİ

Sempozyumun dili Türkçe ve İngilizce olacaktır, bildiriler Türkçe ve İngilizce hazırlanacaktır. Sempozyum bildirileri ulusal akademisyenlerden oluşan bilim kurulu üyelerinden iki hakem tarafından çift taraflı kör hakemlik süreci kullanılarak değerlendirilecektir. Bildiri değerlendirme sürecinin tüm basamaklarında bildiri yazarları hakem isimlerini, hakemler de yazar isimlerini bilmeyeceklerdir.

Sempozyum yüz yüze ve çevrimiçi (online) hibrit olarak düzenlenecektir. Sempozyum sunumlarını içeren bildiriler bir elektronik kitap da yayınlanarak akademik ve bilimsel etkisi kalıcı hale dönüştürülecektir.

## BİLDİRİ HAZIRLAMA TARİHİ

**15 Ocak 2024** – Şablona göre hazırlanmış bildirilerin tam metninin gönderilmesi. Şablon için [tıklayınız](#).  
**25 Ocak 2024** – Bildirilerin hakem değerlendirilmesi ve yazarlara sonuçların iletilmesi.  
**30 Ocak 2024** – Hakem isteklerine uygun düzeltilmiş tam metin bildirilerin sempozyum sekreteriyasına iletilmesi.  
**31 Ocak 2024** – Bildirilerin son değerlendirmesi ve yazarlara sonuçların iletilmesi.

## İLETİŞİM

**Sempozyum Yöneticisi**  
**Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN**  
Dekan  
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
Endüstri Mühendisliği Bölümü

**Sempozyum Sekreteriyası**  
İstanbul Rumeli Üniversitesi  
Mehmet Balcı Yerleşkesi  
Silivri Tel: 0212 866 01 01  
Web: [www.rumeli.edu.tr](http://www.rumeli.edu.tr)  
e-posta: [rumelisucetsemp@rumeli.edu.tr](mailto:rumelisucetsemp@rumeli.edu.tr)



T.C. İSTANBUL  
**RUMELİ**  
ÜNİVERSİTESİ



# 4rd RUMELİ ENERGY AND DESIGN FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT SYMPOSIUM

İSTANBUL RUMELİ UNIVERSITY HALIÇ CAMPUS CONGRESS CENTER  
Feb 8–9, 2024

## HONORARY BOARD

**Fikriye BALCI**  
Foundation President of Balci

**D.V.M. Nazlı Hilal BALCI**  
Chair of the Board of the Trustees

**Prof. Dr. Mustafa KARA**  
Rector

## SCIENTIFIC COMMITTEE

Prof. Dr. Mahmut BİLGEHAN – Kastamonu University  
Prof. Dr. Ertan BUYRUK – Sivas Cumhuriyet University  
Prof. Dr. Didem BAŞ - Edirne Trakya University  
Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN – İstanbul Rumeli University  
Prof. Dr. Osman ÇAKMAK – İstanbul Rumeli University  
Prof. Dr. Kemal Güven GÜLEN – Tekirdağ Namık Kemal University  
Prof. Dr. Alev TAŞKIN GÜMÜŞ – İstanbul Yıldız Technical University  
Prof. Dr. Mesut GÜR – İstanbul Technical University  
Prof. Dr. Nafiz KAHRAMAN – Kayseri Erciyes University  
Prof. Dr. Erdal İlyas KEREY – İstanbul Rumeli University  
Prof. Dr. Yılmaz KILIÇASLAN – Aydın Adnan Menderes University  
Prof. Dr. İlhami KIZIROĞLU – Ankara OSTİM Technical University  
Prof. Dr. Hilmi KUŞÇU – Edirne Trakya University  
Prof. Dr. Gülçin KÜÇÜKKAYA – İstanbul Yeditepe University  
Prof. Dr. İlhan OSMANŞAHİN – İstanbul Rumeli University  
Prof. Dr. Aysun SAĞBAŞ – Tekirdağ Namık Kemal University  
Prof. Dr. Muharrem Tolga SAKALLI – Edirne Trakya University  
Prof. Dr. Münevver SÖKMEN – Konya Food and Agriculture University  
Prof. Dr. Ahmet TOPUZ – İstanbul Arel University

## ORGANIZATION COMMITTEE

Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN – Dean of the Faculty of Engineering and Natural Sciences  
Prof. Dr. İlyas Erdal KEREY – İstanbul Rumeli University  
Prof. Dr. İlhan Osman ŞAHİN – İstanbul Rumeli University  
Prof. Dr. İbrahim YÜKSEL – Head of the Department of Civil Engineering  
Assoc. Prof. Dr. Aybike ÖNGEL – İstanbul Rumeli University  
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Ercan NERGİZ – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Adil YİĞİT – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Ali PAŞAOĞLU – Head of the Department of Computer Engineering  
Asst. Prof. Dr. Ali Rıza GÜNER – Head of the Department of Industrial Engineering  
Asst. Prof. Dr. Arman ATASOY – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Ayla ÖZTÜRK – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Cenk GÜNGÖR – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Haldun TURAN – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Hatice GÜNER – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Mehmet Aydın ULAS – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Nazlı GÜNEY – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Saime TAPHASANOĞLU – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Salih ERGÜT – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Onur ARI – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Salih ERGÜT – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Turgay TÜRKER – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Ülker BAŞAR – İstanbul Rumeli University  
Asst. Prof. Dr. Yasin UÇAKAN – İstanbul Rumeli University  
Lect. Merve Terzi – İstanbul Rumeli University  
Res. Asst. Abdullah Zübeyr ŞEKERCİ – İstanbul Rumeli University  
Res. Asst. Abdurrahman ÖZCAN – İstanbul Rumeli University  
Res. Asst. Ahmet Sinan TEKER – İstanbul Rumeli University  
Res. Asst. Fatih ÇIBUK – İstanbul Rumeli University

## OBJECTIVE AND SCOPE

The aim of the symposium, which is held once a year within the body of İstanbul Rumeli University, is to lead the changing and developing demands of our Turkey under the guidance of science. Priority will be given to original studies that include forms of energy necessary for a sustainable environment and life, as well as new original approaches or inventions and laying out the rules for their use. Original scientific studies that introduce the materials, tools, and methods to be used in the designs related to the field of Engineering and Architecture, the zero-carbon policy or the methods and applications that will reduce the current carbon dioxide emissions by 20% will be selected.

## PAPER EVALUATION PROCESS

The symposium's language will be Turkish and English, and the paper will be prepared in Turkish and English. Two referees will evaluate symposium papers, members of the scientific committee consisting of national academicians, using a double-blind refereeing process. At all stages of the paper evaluation process, the authors of the papers will not know the names of the referees, and the referees will not know the names of the authors. The symposium's language will be Turkish, and the abstract will be prepared in Turkish and English. The symposium will be held face to face and online. An electronic book containing the symposium presentations will also be published, making its academic and scientific impact permanent.

## PAPER PREPARATION DATE

Jan 15, 2024	Sending the papers prepared according to the template. Please <a href="#">click</a> for the template.
Jan 25, 2024	The full text of the paper should be prepared according to the attached sample paper.
Jan 30, 2024	Submission of revised papers to the symposium secretariat in accordance with referee requests.
Jan 31, 2024	Final evaluation of the papers and notification of the results to the authors.

## CONTACT

**Symposium Chair**  
**Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN**  
Dean  
Faculty of Engineering and Natural Sciences  
Department of Industrial Engineering

**Symposium Secretariat**  
**İstanbul Rumeli University**  
**Mehmet Balci Campus Silivri**  
**Phone: 0212 866 01 01**  
**Web: [www.rumeli.edu.tr](http://www.rumeli.edu.tr)**  
**e-mail: [rumelisucetsemp@rumeli.edu.tr](mailto:rumelisucetsemp@rumeli.edu.tr)**



T.C. İSTANBUL  
**RUMELİ**  
**ÜNİVERSİTESİ**



Yayıncı / Publisher : İstanbul Rumeli Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
Yeni Mah. Mehmet Silivrili Cad. No:38  
Silivri / İSTANBUL Tel: 0212 866 01 01



EDİTÖR : Ahmet CAN

Hakemler / Reviewers: BUYRUK, Ertan; BİLGEHAN, Mahmut; BAŞ, Didem; CAN, Ahmet; ÇAKMAK, Osman; GALOVIĆ, Antun; GÜLEN, Kemal Güven; GÜMÜŞ, Alev Taşkın; GÜR, Mesut; KAHRAMAN, Nafiz; KARTUNOV, Stefan; KEREY, İlyas Erdal; KILIÇASLAN, Yılmaz; KİZİROĞLU, İlhami; KUŞÇU, Hilmi; KÜÇÜKKAYA, Gülçin; OSMANŞAHİN, İlhan; ÖZTÜRK, İlhan, Tekin; SAĞBAŞ, Aysun; SAKALLI, M. Tolga; SÖKMEN, Münevver; TOPUZ, Ahmet.

#### Bibliyografya

CIP – Katalog İstanbul Rumeli Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı

Ulusal Sempozyum, 4. RUMELİ SUCET Sempozyumu,  
Bildiriler Kitabı.

8-9 Şubat 2024, Haliç / İSTANBUL

National Symposium, 4st RUMELI SUCET Symposium,  
The Book of Proceedings.

ISBN 978-605-74264-5-1

Elektronik Materyal/Cep belleği  
Electronic Material / Flash memory

ISBN 978-605-74264-5-1

Makaleler ulusal ve uluslararası hakemler tarafından revize edilmiştir. Bu yayının hiçbir bölümü yayıncının izni olmadan hiçbir biçimde çoğaltılamaz.

The papers have been revised by national and international reviewers. No part of this publication may be reproduced in any form, without the permission of the Publisher.





#### 4. RUMELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ VE TASARIM SEMPOZYUMU 2024





## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

**BİRİNCİ BÖLÜM / First Part**  
**SEMPOZYUMDA SUNULMUŞ BİLDİRİLERİN TAM METİN TÜRKÇE OLARAK YAYINLANMIŞ BÖLÜM**  
**Full-text Turkish section of the papers presented at the symposium**

### ÖZEL AÇILIŞ OTURUMU / Plenary Open Session

ÖNSÖZ / Foreword

Ahmet CAN

### TEKNİK 1. OTURUM / Technical Session I

BİLDİRİ NUMARASI Presentation Number	BİLDİRİ ADI Presentation Name	BİLDİRİ YAZARLARI Presentation Authors	SAYFA Page
4. RUMELİSUCET001	Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevriminde R134a, R290, R600a ve R717 Soğutucu Akışkanlarının Kullanımının Teorik Olarak İncelenmesi	BUYRUK, E. CANER, M., BAYAT, M.	1 – 9
4. RUMELİSUCET002	Yapay Zekaya İyimser Bir Bakış	KILIÇASLAN, Y.	10 – 17
4. RUMELİSUCET003	Sürdürülebilir Çevre Yaklaşımında Termodinamik Parametreleri, Ölçümlerin Gerekliği	CAN, A.	18 – 24

### TEKNİK 2. OTURUM / Technical Session II

4. RUMELİSUCET004	Ekoloji Üzerine Faz ile ilgili Malzemeler	KARTUNOV, S.	26 – 35
4. RUMELİSUCET005	Türkiye ve İnovasyon - Yanılgılar ve Gerçekler	ÇAKMAK, O.	36 - 46
4. RUMELİSUCET006	Bir Makine İmalatı Fabrikasında Yalın Üretim-5S Uygulaması	KABAN, T., TAPHASANOĞLU, S.	47 - 49
4. RUMELİSUCET007	Elektrikli Araçlar İçin Yenilenebilir Enerji Kullanımında Blokzincir Teknolojisinin Katkısı	SARIYILDIZ, İ., KÖSE ULUKÖK, M., EVRİM, V.	50 - 57
4. RUMELİSUCET008	Bir Hücreli İmalat Uygulaması	GÜNER, H., GÜNER, A.	58 - 62

### TEKNİK 3. OTURUM / Technical Session III

4. RUMELİSUCET009	Çevre Emniyeti, Güvenliği ve Sürdürülebilirlik için Nanoteknoloji: Süreçlerde, Malzemelerde ve Cihazlarda Son Gelişmeler	KARTUNOV, S	63 - 65
4. RUMELİSUCET010	Türkiye CO <sub>2</sub> Emisyon Tahminlemesi Ve OECD Kıyaslaması: ANFIS İle Bir Uygulama	ŞEKERCİ, A. Z. SONER KARA, S.	66 - 77
4. RUMELİSUCET011	Sürdürülebilir Zemin İyileştirme Yöntemleri	TEKER, A. S. ŞENSOY, İ. TEKER, GÜLNUR, H.	78 - 83





**İKİNCİ BÖLÜM / SECOND Part**  
**SEMPOZYUMDA SUNULMUŞ BİLDİRİLERİN TAM METİN İNGİLİZCE OLARAK YAYINLANMIŞ BÖLÜM**  
**Full-text English section of the papers presented at the symposium**

**Technical Session I**

<b>Presentation Number</b>	<b>Presentation Name</b>	<b>Presentation Authors</b>	<b>Page</b>
4. RUMELİSUCET012	Theoretical Investigation of the Use of R134a, R290, R600a and R717 Refrigerants in the Vapor Compression Refrigeration Cycle	BUYRUK, E. CANER, M., BAYAT, M.	84 - 92
4. RUMELİSUCET013	An Optimistic Look at Artificial Intelligence	KILIÇASLAN, Y.	93 - 100
4. RUMELİSUCET014	In Sustainable Environmental Approach Requirement of Thermodynamic Parameters Measurements	CAN, A.	101 – 107

**Technical Session II**

4. RUMELİSUCET015	Phase Related Materials On Ecology	KARTUNOV, S.	108 - 117
4. RUMELİSUCET016	Turkey and Innovation - Misconceptions and Realities	ÇAKMAK, O.	118 - 130
4. RUMELİSUCET017	In a Machine Manufacturing Factory Lean Manufacturing-5S Application	KABAN; T., TAPHASANOĞLU, S.	131 - 133
4. RUMELİSUCET018	Advance Of Blockchain Technology In Renewable Energy Use With Electric Cars	SARIYILDIZ, İ., KÖSE ULUKÖK, M., EVRİM, V.	134 – 141
4. RUMELİSUCET019	A Cellular Manufacturing Application	GÜNER; H., GÜNER, A.	142 – 146

**Technical Session III**

4. RUMELİSUCET020	Nanotechnology for Environmental Safety, Security and Sustainability: Recent Advances in Processes, Materials and Devices	KARTUNOV, S.	147 – 149
4. RUMELİSUCET021	Turkey CO <sub>2</sub> Emission Estimation and OECD Comparison: An Application with ANFIS	ŞEKERCİ, A. Z. SONER KARA, S.	150 – 161
4. RUMELİSUCET022	Sustainable Ground Improvement Methods	TEKER, A. S. ŞENSOY, İ. TEKER, GÜLNUR, H.	162 - 167



4. RUMELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ VE TASARIM SEMPOZYUMU  
4rd RUMELİ ENERGY AND DESIGN FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT  
SYMPOSIUM

8-9 Şubat 2024 / February 8-9, 2024  
Haliç-Beyoğlu, İSTANBUL

## ÖNSÖZ

Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji ve Tasarım alanında yeni teknolojiler.

Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji ve Tasarım (SUCET) Sempozyumu, İstanbul'da Rumeli Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi'nin ev sahipliğinde birincisi 2021 yılında, ikincisi 2022 yılında, üçüncüsü 2023 yılında gerçekleştirilmiş olan, enerji ve çevre konularında araştırma yapan bilim adamı ve uzmanların her yıl bir araya geldiği geleneksel bilimsel bir toplantıdır.

Bu yılki 4.SUCET 2024 Sempozyumunda, yurtdışından 3, Türkiye'den 2 ve Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesinden 6 olmak üzere 11 bildiri yüz yüze ve eş zamanlı şekilde zoom üzerinden 19 akademisyenin katılımıyla sunulmuştur. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti Ozanköy Kıbrıs İlim Üniversitesinden ve Bulgaristan Gabrova Teknik Üniversitesinden olmak üzere iki yurt dışı ülkesinden akademisyenlerin katılımı sempozyuma uluslararası katılımlı karakteri kazandırmıştır.

Bildiriler, sempozyum programının tematik alanlarına göre yapılan sunumlara uygun olarak düzenlenmiş 11 bildirden oluşmaktadır. Sempozyum Kitabında yayınlanan makaleler sürdürülebilir çevre için enerji kullanımı ve tasarımların yanı sıra yaşam kalitesinin yükseltilmesi ile birlikte çevre korumanın desteklenmesine katkıda bulunan bilimsel değerli bir içerik sunmaktadırlar.

Avrupa Birliği'ne katılma sürecinde bulunan ve 2015 yılında Paris anlaşmasını 2021 yılında imzalamış olan Türkiye, enerji tüketimi, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerji kaynakları ve sera gazı emisyonlarının uygulanması alanlarındaki hedefler paketini gerçekleştirmek zorundadır. Bu kapsamda, CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasında 2030 yılına kadar yüzde elli ve 2050'de binalarda sıfır emisyona ulaşılması hedefleri tanımlanmıştır. Türkiye'de, öncelikle Avrupa Birliği üye ülkelerinin benimsediği "20-20-20" hedefi ile Enerji ve Çevre Koruma alanında Avrupa Birliği'nin düzenlemesi yükümlükleri üstlenilmelidir ve hızlı şekilde gerçekleştirilmelidir.

Dünyada olduğu gibi Türkiye için de en önemli zorluklar sıralamasında, öğretimden sonra çevre koruma ve iklim değişikliğine karşı önlemler ikinci sırada yer almalıdır. Özellikle, dünyanın hedeflediği 1,5 derecelik atmosfer sıcaklığı azaltılması hedefi gereklilik olmalıdır. İklim koruma ilerlemesini hızlandırma yönünde Türkiye'de de toplumun 1,5 derecelik atmosfer sıcaklığı azaltılması hedefine ulaşmak için bilinçlendirilmesi ve hızlı bir çaba göstermesi gerekmektedir. 1,5 derecelik atmosfer sıcaklığı azaltılması hedefinin gerçekleştirilmesi için Avrupa Birliği ülkelerindeki gibi Türkiye'de de enerji üretiminin ve arzının dönüştürülmesi gerekmektedir. Sanayi sektöründe enerji tasarruflu teknolojiler ile değişimi gerçekleştirmede iki tedbir öncelikli uygulanmalıdır. Birincisi, iklime zarar veren sübvansiyonların hızla azaltılmasıdır, ikincisi CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltılmasıdır. Özellikle iklime zarar veren ürünler daha yüksek vergilendirilmelidir. Mühendislik yaklaşımı, bireysel endüstrilerin enerji geçişi sırasında yeniden yapılandırılmasının kabul edilebilir olduğunu ortaya koymaktadır. Yeni teknolojiler sanayi sektöründe de böyle bir değişim de önemli bir role sahiptir. Bu durum özellikle yeni süreçlerin geliştirildiği CO<sub>2</sub> yoğun alanlarda geçerlidir. Buna örnek olarak, kimya endüstrisinde hammadde olarak CO<sub>2</sub> kullanılması verilebilir. Yeni teknolojilerin enerji





4. RUMELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ VE TASARIM SEMPOZYUMU  
4rd RUMELİ ENERGY AND DESIGN FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT  
SYMPOSIUM

8-9 Şubat 2024 / February 8-9, 2024  
Haliç-Beyoğlu, İSTANBUL

verimliliğini artırdığını ve ekonominin enerji geçişinin başarısında enerji tüketimini azalttığını doğrulamaktadır. Ayrıca ulaşımda enerji tüketimini azaltmak ve yenilenebilir enerjilerin geliştirilmesine de öncelikli olarak önem vermek gerekmektedir.

Türkiye’de son yıllarda güneş ve rüzgar enerjisinin genişlemesi akılcı ve memnuniyet vericidir. Yenilenebilir enerjilerin genişlemesi daha iddialı hale gelmelidir. Şu anda mevcut olan “Yenilenebilir Enerji Kaynakları Yasası” ve bunda yapılacak değişiklikler somut uygulanabilir ve kontrol edilebilir hedefli olmalıdır. Bunun için rüzgar enerjisi ve güneş enerjili fotovoltaik hızlandırılmış genişleme gerektirmektedir. Şu an Türkiye’de, daha iddialı enerji geçiş ve iklim koruma önlemleri alınmaz ise sonra çok daha ciddi önlemler alınmak zorunda kalınabilir. Türkiye, sürdürülebilir çevre için enerji ve tasarım ile ilgili yurtdışından katma değerli ürün satın almak zorunda kalmamalıdır. Bunun için harcanacak para yenilenebilir enerjilerin genişlemesine ve enerji tasarruflu teknolojilere yönelik harcanmalıdır. Bu aynı zamanda Türkiye ekonomisini de canlandıracaktır ve daha fazla iş olanağı oluşturabilecektir. Bugün Türkiye enerji ve çevre koruma alanındaki hukuki ve alt hukuk icraatları düzeyinde uygun yasalara sahiptir.

Soru, yenilenebilir enerji kaynaklarının konvansiyonel enerji kaynaklarının %100’ünü ne zaman karşılayacaktır? Bu sorunun cevabı basit değildir. 2020 yılına kadar Avrupa Birliği devletlerinin enerji tüketimini verimli bir şekilde kullanarak enerji tüketimini azaltmaya yönelik ana planı uygulamışlardır. Bunun sonucu yenilenebilir enerji kullanımında öngörülen büyüme artmıştır ve uluslararası sözleşmelerde belirtildiği gibi sera gazı emisyonlarını azaltmışlardır (örneğin, 1992’den itibaren BM’nin iklim değişikliğinin azaltılmasının temellerini attığı Kyoto Protokolü). Enerji ve çevre koruma için yeni teknolojiler özetlenen programın gerçekleştirilmesi için önemli bir faktör olmuştur.

Yeni teknolojilerin ve uygulamalarının geliştirilmesi bu hedeflerin gerçekleştirilmesi için bir ön koşuldur. Bugün, dünya çapında yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji planlamasında baskın bir rol oynadığı ve rüzgar enerjisinin kullanımının ilk sırada yer aldığı görülmektedir. Ancak, geleneksel enerji kaynaklarının yakın gelecekte de tamamen yok olmayacağı gerçeği durmaktadır.

Türkiye’de de yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında bir artış yaşanmaktadır ve bu durum gelecek yönünden umut vericidir. Bu kapsamda yatırımcılar ve girişimciler yenilenebilir enerji sistemlerine yatırım yapmaya devlet düzeyindeki bir tarife sistemi ile ve bankacıların finansal kaynakları bu yatırımlara taşınmaları için teşvik edilmelidir.

Yurtsever herkes için büyük önem arz eden Atatürk’ün bizlere en büyük armağanı Türkiye Cumhuriyeti Devletinin kuruluşunun 100. Yılına büyük bir sevinç, kıvanç ve ümitle kutladık. 2024 yılında gerçekleştirdiğimiz 4. Rumeli Sürdürülebilir Çevre İçin Enerji ve Tasarım Sempozyumu elektronik kitabının Türkiye Cumhuriyetimizin ikinci yüzyılı başlangıcına uğurlu olmasını dilerim.

Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN  
İstanbul-Silivri, Şubat 2024



## FOREWORD

New technologies in the field of Energy and Design for a Sustainable Environment.

The Energy and Design for Sustainable Environment (SUCET) Symposium is a traditional scientific meeting where scientists and experts conducting research on energy and environment come together every year, the first of which was held in 2021, the second in 2022, and the third in 2023, hosted by the Faculty of Engineering and Natural Sciences of Rumeli University in Istanbul.

At this year's 4th SUCET 2024 Symposium, 11 papers, 3 from abroad, 2 from Turkey and 6 from the Faculty of Engineering and Natural Sciences, were presented face-to-face and simultaneously via zoom with the participation of 19 academicians. The participation of academicians from two foreign countries, from Ozanköy Cyprus Science University in the Turkish Republic of Northern Cyprus and from Gabrova Technical University in Bulgaria, gave the symposium an international participation character.

The papers consist of 11 papers arranged in accordance with the presentations made according to the thematic areas of the symposium program. The articles published in the Symposium Book provide a scientifically valuable content that contributes to the promotion of environmental protection as well as energy use and designs for a sustainable environment, as well as increasing the quality of life.

Turkey, which is in the process of joining the European Union and signed the Paris agreement in 2015 in 2021, has to achieve the package of targets in the fields of energy consumption, energy efficiency and renewable energy sources and the implementation of greenhouse gas emissions. In this context, the targets of reducing CO<sub>2</sub> emissions by fifty percent by 2030 and zero emissions in buildings by 2050 have been defined. In Turkey, first of all, with the "20-20-20" target adopted by the European Union member states, the obligations of the European Union in the field of Energy and Environmental Protection should be undertaken and realized quickly.

In the list of the most important challenges for Turkey as well as in the world, environmental protection and measures against climate change should be in the second place after education. In particular, the world's target of reducing atmospheric temperature by 1.5 degrees should be a necessity. In order to accelerate the progress of climate protection, the public in Turkey needs to raise awareness and make a rapid effort to achieve the goal of reducing the atmospheric temperature of 1.5 degrees. In order to achieve the goal of reducing the atmospheric temperature by 1.5 degrees, energy production and supply in Turkey need to be transformed as in the European Union countries. Two measures should be applied as a priority in realizing the change with energy-efficient technologies in the industrial sector. The first is the rapid reduction of climate-damaging subsidies, the second is the reduction of CO<sub>2</sub> emissions.

In particular, climate-damaging products should be taxed higher. The engineering approach establishes that it is acceptable for individual industries to be restructured during the energy transition. New technologies also play an important role in such a change in the industrial



4. RUMELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ VE TASARIM SEMPOZYUMU  
4rd RUMELİ ENERGY AND DESIGN FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT  
SYMPOSIUM

8-9 Şubat 2024 / February 8-9, 2024  
Haliç-Beyoğlu, İSTANBUL

sector. This is especially true in CO<sub>2</sub>-intensive areas where new processes are being developed. An example of this is the use of CO<sub>2</sub> as a raw material in the chemical industry. It confirms that new technologies improve energy efficiency and reduce energy consumption in the success of the economy's energy transition. In addition, it is necessary to reduce energy consumption in transportation and to give priority to the development of renewable energies.

The expansion of solar and wind energy in Turkey in recent years is rational and pleasing. The expansion of renewable energies must become more ambitious. The current "Renewable Energy Sources Act" and the amendments to it should be concrete, feasible and controllable. For this, wind energy and solar-powered photovoltaics require accelerated expansion. If more ambitious energy transition and climate protection measures are not taken in Turkey at the moment, much more serious measures may have to be taken later. Turkey should not have to buy value-added products from abroad related to energy and design for a sustainable environment. The money should be spent on the expansion of renewable energies and energy-efficient technologies. This will also boost Turkey's economy and create more job opportunities. Today, Turkey has appropriate laws in the field of energy and environmental protection at the level of legal and subordinate law acts.

The question is when will renewables meet 100% of conventional energy sources? The answer to this question is not simple. Until 2020, they have implemented the master plan to reduce energy consumption by using the energy consumption of the European Union states efficiently. As a result, projected growth in the use of renewable energy has increased and they have reduced greenhouse gas emissions as specified in international conventions (e.g., the Kyoto Protocol, in which the UN laid the foundations for climate change mitigation since 1992). New technologies for energy and environmental protection have been an important factor for the realization of the outlined program.

The development of new technologies and their applications is a prerequisite for the realization of these goals. Today, it is seen that renewable energy sources play a dominant role in energy planning around the world, and the use of wind energy is in the first place. However, the fact remains that traditional energy sources will not completely disappear in the near future.

There is also an increase in the use of renewable energy sources in Turkey, which is promising for the future. In this context, investors and entrepreneurs should be encouraged to invest in renewable energy systems through a state-level tariff system and bankers to move financial resources to these investments.

Atatürk's greatest gift to us, which is of great importance for all patriots, is the 100th anniversary of the establishment of the Republic of Turkey. We celebrated the anniversary with great joy, pride and hope. In 2024, we held the 4. I wish that the Rumeli Energy and Design for Sustainable Environment Symposium e-book will be auspicious for the beginning of the second century of our Republic of Turkey.

Prof. Dr.-Ing. Ahmet CAN  
İstanbul-Haliç, February 2024





# Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Çevriminde R134a, R290, R600a ve R717 Soğutucu Akışkanlarının Kullanımının Teorik Olarak İncelenmesi

**Ertan BUYRUK**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü  
[buyruk@cumhuriyet.edu.tr](mailto:buyruk@cumhuriyet.edu.tr) ORCID: 0000-0002-6539-7614

**Mustafa CANER**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü  
[mustafacaner@cumhuriyet.edu.tr](mailto:mustafacaner@cumhuriyet.edu.tr) ORCID: 0000-0002-3674-7881

**M. Musab BAYAT**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
ORCID:0000-0002-4631-6516

## ÖZET

Bu çalışmada, bir buhar sıkıştırılmalı soğutma çevriminde farklı soğutucu akışkanların kullanılması teorik olarak analiz edilmiştir. Seçilen akışkanlar R134a, R290, R600a ve R717'dir. Çevrim 25 ile 50 °C sıcaklıkları arasında değişen yoğuşurucu sıcaklıkları ve -25 ile 5 °C sıcaklıkları arasında değişen buharlaştırıcı sıcaklıkları temel alınarak değerlendirilmiştir. Termodinamik analizini gerçekleştirmek kullanılan model Mühendislik Denklem Çözücüsü (EES) yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Çevrimin performans katsayısı, kompresörün tükettiği güç ve çevrimde dolaşan soğutucu akışkan kütleli debisi tartışılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Buhar sıkıştırılmalı soğutma, farklı soğutucu akışkan, enerji, teorik analiz

## GİRİŞ

Soğutma, kontrollü koşullar altında bir üründen ısının uzaklaştırılması işlemi olarak tanımlanabilir. Başka bir deyişle soğutma, sıcaklığı halihazırda çevre sıcaklığının altında olan bir cisimden sürekli olarak ısı çekilmesi anlamına gelir. Soğutma, çabuk bozulan gıdaların, içeceklerin ve tıbbi ürünlerin işlendiği saklama odalarını soğutmak için de yaygın olarak kullanılır. Diğer tüm soğutma sistemleri arasında buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Buhar sıkıştırılmalı soğutma sistemlerindeki son gelişmeler, verimliliği artırmak, çevresel etkiyi azaltmak ve genel performansı artırmak için çeşitli kilit alanlara odaklanmıştır.

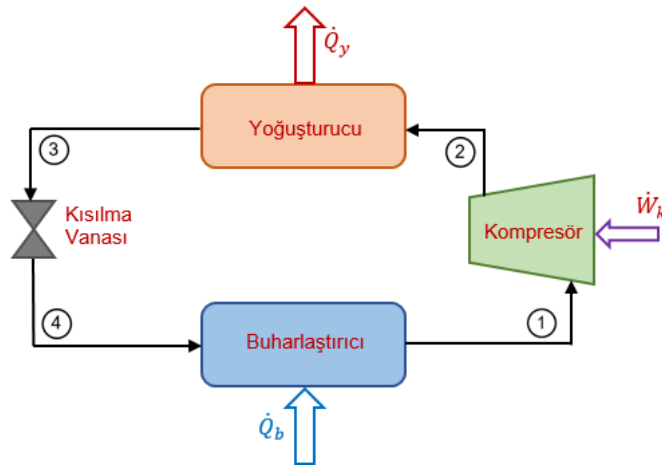
Radhouane Ben Jemaa ve diğerleri (2016), R134a'ya alternatif bir çalışma akışkanı olarak R1234ze kullanan hava soğutmalı buhar sıkıştırılmalı bir soğutma sisteminin evaporatöründe soğutulan su için enerji ve ekserji analizleri gerçekleştirmiştir. Mühendislik Denklem Çözücüsü (EES) kullanılarak bir termodinamik model geliştirilmiştir. Buharlaşma ve ortam sıcaklıklarının enerji ve ekserji verimlilikleri, toplam ekserji yıkımı ve sistemin farklı bileşenlerindeki ekserji kayıpları üzerindeki etkisini araştırmak için parametrik bir çalışma yürütülmüştür. Her iki soğutucu akışkan için de enerji ve ekserji verimlilikleri arasında önemli bir fark gözlenmemiştir. Bileşenler arasında kompresör en yüksek ekserji yıkımını gösterirken, bunu kondenser, genişleme valfi ve evaporatör takip etmektedir. R1234ze kullanılması durumunda elde edilen tersinmezlik R134a'dan daha düşüktür. Sonuç olarak R1234ze'nin bu sistemlerde R134a'ya iyi bir alternatif olduğu vurgulanmıştır. Nair ve diğerleri (2019), R-134a/PAG karışımıyla bir deney gerçekleştirmişler ve farklı performans parametrelerini analiz etmişlerdir. PAG yağında dağılan Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nano parçacıklarının kullanılmasıyla COP değerinde %6,5'lik artış gözlemlenmiştir. Pico ve diğerleri (2018), Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemlerinde elmas nano yağlayıcıların kullanımıyla R-410A'nın performans parametrelerini araştırmışlardır. Elmasın daha düşük ve en yüksek kütle kombinasyonlarına göre soğutma kapasitesinin %4,2 ve %7 arttığını bulmuşlardır. Akash ve Said (2003), ev tipi buzdolabında R-12 yerine sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG) kullanarak deney gerçekleştirmişlerdir. LPG'yi 50, 80 ve 100 g'lık üç farklı kütle kombinasyonu kullanmışlar ve 80 g'ın en iyi verimi gösterdiğini bulmuşlardır. Xu ve Clodic (1992), Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemlerinde R-290, R-134a ve R-12'nin ekserji analizi yaklaşımını kullanmışlardır.

Buzdolabı uygulaması için R-134a diğer iki soğutucu akışkanla karşılaştırıldığında daha verimli bulunmuştur. Ancak dondurucu durumda R-12 daha iyi sonuçlar vermiştir. Reddy ve diğerleri (2012), Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemlerinde farklı soğutucu akışkanların ekserjilerini analiz etmişlerdir. Evaporatör ve kondenser sıcaklığının COP ve ekserjetik verimlilik için iki etkili faktör olduğunu göstermişlerdir. R-134a diğer soğutucu akışkanlara kıyasla daha iyi performans gösterirken R-407C en düşük performansı göstermiştir. Lee ve diğerleri (2014), sıcaklık değişimini çevreleyen iklimlendirme ünitesinde sayısal analiz yapmışlar ve genişleme cihazının ortam sıcaklığındaki artışla artan ekserji yıkımını gözlemlemişlerdir. Paula ve diğerleri (2020), Buhar Sıkıştırılmalı Soğutma Sistemlerini R-134a alternatifleriyle simpleks yöntemiyle optimize etmişler ve R-290'un COP ve ekserji verimliliği açısından diğer soğutucu akışkanlar arasında en iyisi olduğunu gözlemlemişlerdir. Park ve Jung (2009), R134a'ya alternatif olarak potansiyel bir soğutucu akışkan olarak ev tipi bir su arıtma cihazında R430A'nın enerji verimliliğini araştırmışlardır. Enerji tüketiminin %50 daha az şarj kütlesi ile R134a'ya göre %12 daha düşük olduğunu ve çalışma sıcaklıklarının da bu optimum şarja benzer olduğunu bulmuşlardır. R430A, kütlece % 76 R152a ve % 24 R600a'dan oluşan, yaklaşık 0,10°C'den daha düşük bir sıcaklık salınımına sahip, neredeyse azeotropik bir bileşiktir. Baskaran ve diğerleri, HFC152a, HC290, HC600a ve RE170 dahil olmak üzere çeşitli soğutucu karışımları kullanarak buhar sıkıştırılmalı soğutma sisteminin birinci ve ikinci yasa verimliliğini araştırmışlar ve bulgularını R134a ile karşılaştırmışlardır. Mohanraj (2013), R134a'ya alternatif soğutucu akışkan olarak R430A'yı kullanan ev tipi bir buzdolabının enerji verimliliği üzerine teorik bir çalışma gerçekleştirmiştir. Sonuçlar COP, enerji verimliliği ve toplam eşdeğer küresel ısınma etkisi değerlerinin daha iyi olduğunu göstermektedir. Jung ve diğerleri, yürüttükleri konut tipi su arıtma cihazlarında HFC134a'nın yerine R435A'nın (DME ve R152a'nın bir karışımı) kullanımına ilişkin deneysel bir araştırmanın sonuçlarını bildirmişlerdir. Testlerin bulgularına göre, enerji kullanımı ve deşarj sıcaklığı HFC134a'ya göre sırasıyla %12,7 ve 3,7 °C daha düşük bulunmuştur. Park ve diğerleri, hem deneysel hem de sayısal yöntemler kullanarak, ev tipi su arıtma cihazlarının soğutma sisteminde kullanılan HFC134a'nın değiştirilme olasılığını araştırmışlardır. Testlerin sonuçları, R510A'nın enerji kullanımı ve kompresör tahliye sıcaklığının, %50 soğutucu şarjlı HFC134a'ya göre sırasıyla %22,3 ve 3,70 °C daha düşük olduğunu göstermektedir. HFC134a, R510A'nın bir alternatifi olduğunu ve ev tipi su arıtma cihazlarının soğutma sisteminde HFC134a'ya kıyasla hafif bir değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir.

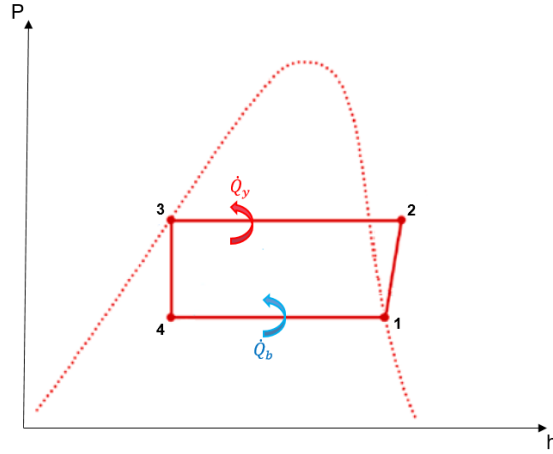
Bu çalışmada, farklı soğutucu akışkanlar olarak R134a, R290, R600a ve R717 kullanılan buhar sıkıştırılmalı bir soğutma çevriminin teorik analizi EES yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Soğutucu akışkanlar 25 ile 50 °C sıcaklıkları arasında değişen yoğuşurucu sıcaklıkları ve -25 ile 5 °C sıcaklıkları arasında değişen buharlaştırıcı sıcaklıkları temel alınarak değerlendirilmiştir.

### Sistem Tanıtımı

Buhar sıkıştırılmalı soğutma çevrimi dört temel elemandan oluşmaktadır. Çevrimin şematik diyagramı Şekil 1'de, P-h diyagramı ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Sistemin şematik gösterimi



Şekil 2. Sistemin P-h diyagramı

Soğutucu akışkan, buharlaştırıcıda buharlaşırken soğutulan ortamdan ısı çeker ve kompresöre doymuş buhar olarak girer. Kompresörü çalıştırmak için gerekli güç sağlanarak soğutucu akışkan yoğuşturucu basıncına sıkıştırılır. Bu işlem sırasında soğutucu akışkanın sıcaklığı ve basıncı artmaktadır. Yoğuşturucuda, buhar fazındaki akışkan ısı vererek yoğuşur. Yoğuşturucudan doymuş sıvı fazında çıkan akışkan kısımla vanasında buharlaşma basıncına genişletilir.

### Termodinamik Model

Şekil 1'de gösterilen sistemin her bir elemanı sürekli akışlı açık bir sistem olarak ele alınmıştır. Termodinamik analizi basitleştirmek için aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Kompresör girişinde faz doymuş buhardır.
- Yoğuşturucu çıkışında faz doymuş sıvıdır.
- Bağlantı borularında ve sistem bileşenlerinde basınç ve ısı kayıpları ihmal edilmiştir.
- Buharlaştırıcı ve yoğuşturucudaki süreçler izobariktir.
- Buharlaştırıcı ve yoğuşturucu adyabatiktir.

Literatürde kompresörün izantropik veriminin sabit olduğu çalışmalar bulunmaktadır. Ancak Aminyavari vd. (2014) ve Singh ve Kumar (2022) tarafından kompresörün izantropik verimi Eşitlik (1) kullanılarak hesaplanmıştır.

Bu çalışmada da kompresörlerin izantropik verimlerinin belirlenmesinde Eşitlik (1) kullanılmıştır.

$$\eta = 1 - (0.004 \times \text{BasınçOranı}) \quad (1)$$

Ele alınan buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminin teorik analizi için belirlenen tasarım parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Analiz için belirlenen tasarım parametreleri

Parametre	Değer
Soğutma Yüğü	10 kW
Yoğuşturucu Sıcaklığı	25 – 50 °C
Buharlaştırıcı Sıcaklığı	-25 – 5 °C
Kompresörlerin İzantropik Verimi	$\eta = 1 - (0.004 \times \text{BasınçOranı})$



İncelenen soğutma sisteminde her bir eleman için kütle dengesi aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_ç \quad (2)$$

Her bir eleman için genel enerji dengesi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\sum \dot{m}_g h_g + \sum \dot{Q}_g + \sum \dot{W}_g = \sum \dot{m}_ç h_ç + \sum \dot{Q}_ç + \sum \dot{W}_ç \quad (3)$$

Soğutma sisteminin elemanlarına ait enerji dengesi denklemleri Tablo 2'de sunulmuştur.

**Tablo 2.** Bileşenlere ait enerji dengesi

Eleman	Enerji Dengesi
Buharlaştırıcı	$\dot{Q}_b = \dot{m}(h_1 - h_4)$
Yoğuşturucu	$\dot{Q}_y = \dot{m}(h_2 - h_3)$
Kompresör	$\dot{W}_{komp} = \dot{m}(h_2 - h_1)$
Kısılma Vanası	$h_3 = h_4$

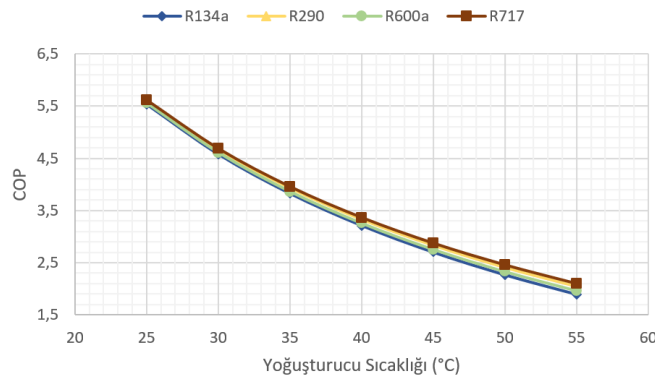
Sistemin performans katsayısı aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$COP = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{W}_{komp}} \quad (4)$$

## Bulgular

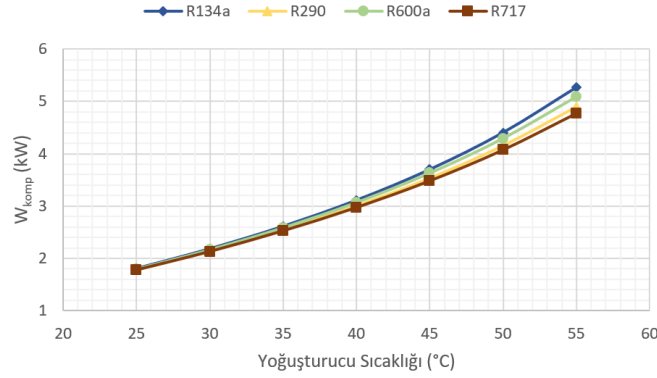
Bu bölümde, farklı buharlaştırıcı ve farklı yoğuşturucu sıcaklıklarında R134a, R290, R600a ve R717 için belirlenen performans katsayısı, kompresörde tüketilen güç ve çevrimde dolaşan soğutucu akışkanın kütleli debisi grafikler halinde sunulmuştur.

Yoğuşturucu sıcaklığının etkisi araştırılırken yapılan hesaplamalarda buharlaşma sıcaklığı -10 °C olarak alınmıştır. Şekil 3'te farklı yoğuşturucu sıcaklığı ile sistemin performans katsayısının değişimi görülmektedir. Yoğuşma sıcaklığı arttıkça COP azalmıştır. En yüksek COP değeri 25 °C yoğuşma sıcaklığında R717 soğutucu akışkanı için 5,616 olarak hesaplanmıştır.



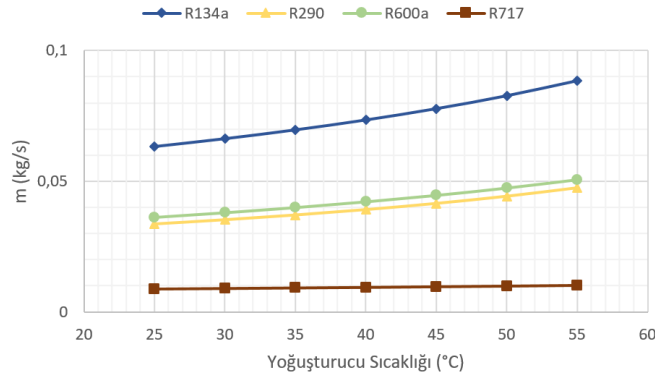
**Şekil 3.** Farklı yoğuşturucu sıcaklıklarında hesaplanan COP değerleri

Şekil 4'te yoğuşturucu sıcaklıklarının tüketilen güce etkisi görülmektedir. Yoğuşturucu sıcaklıkları arttıkça beklendiği gibi güç tüketimi de artmıştır. Düşük yoğuşma sıcaklıklarında güç tüketimleri birbirine çok yakındır. Yoğuşma sıcaklığı arttıkça tüketilen güç değerleri arasındaki fark belirginleşmektedir ve en yüksek güç tüketiminin R134a kullanılması durumunda olduğu görülmektedir.



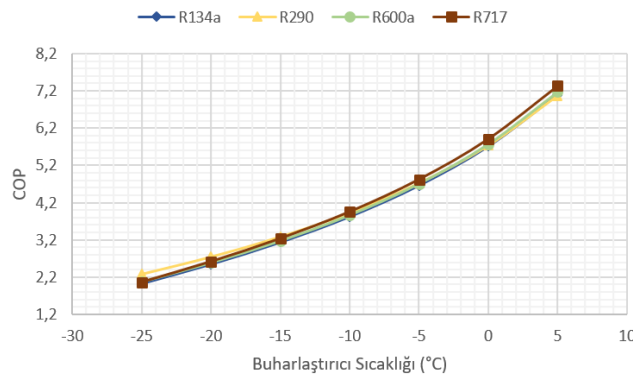
Şekil 4. Yoğuşturucu sıcaklığının güç tüketimine etkisi

Şekil 5'te farklı yoğuşturucu sıcaklıklarında sistemde dolaştırılması gereken soğutucu akışkan kütleli debileri verilmiştir. Yoğuşturucu sıcaklığının artması ile birlikte sistemdeki soğutucu akışkan debisinin arttığı görülmektedir. En yüksek debi gereksinimi R134a için oluşurken, en düşük debi gereksinimi R717 için oluşmuştur.



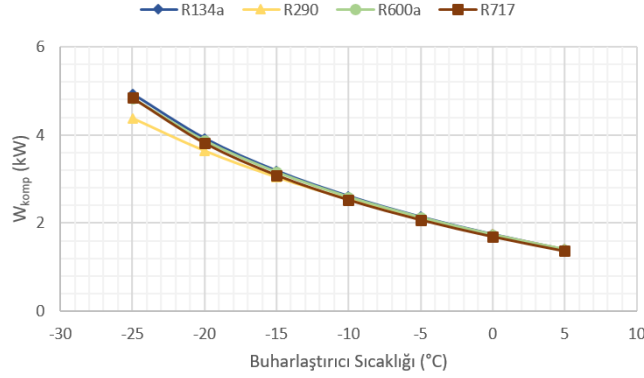
Şekil 5. Farklı yoğuşturucu sıcaklıklarında sistemde dolaşan soğutucu akışkan debileri

Buharlaştırıcı sıcaklığının sisteme etkisi incelemek için yapılan hesaplamalarda yoğuşma sıcaklığı 35 °C olarak alınmıştır. Şekil 6'da çevrimin performans katsayısının buharlaşma sıcaklığı ile değişimi sunulmuştur. Buharlaştırıcı sıcaklığı arttıkça çevrimin COP değeri artmaktadır. En yüksek COP değeri 5 °C buharlaşma sıcaklığında R717 akışkanın kullanılması durumunda 7,331 olarak elde edilmiştir. En düşük COP değeri ise -25 °C buharlaşma sıcaklığında R134a için 2,029 olarak hesaplanmıştır.



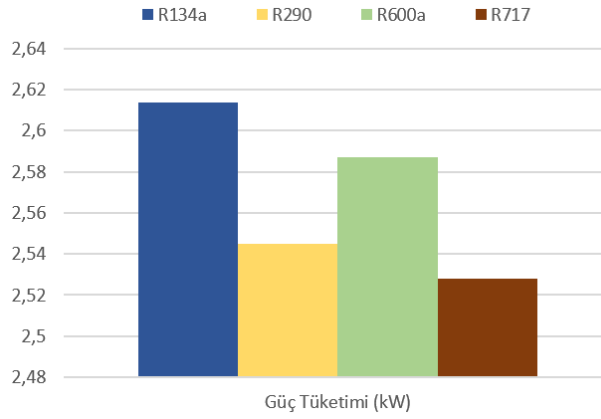
Şekil 6. Sistem performansının buharlaşma sıcaklığı ile değişimi

Şekil 7'de farklı buharlaşma sıcaklıklarında kompresörün tükettiği güç değerleri görülmektedir.



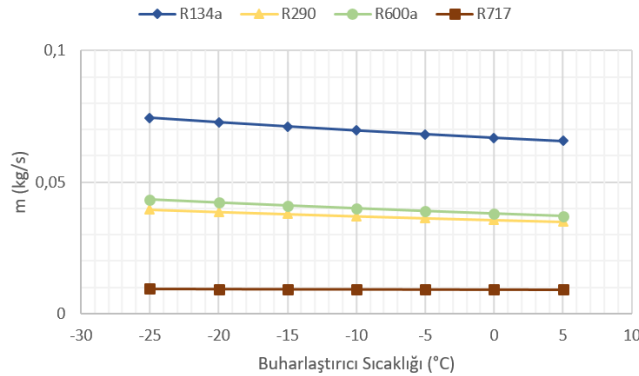
Şekil 7. Yoğuşturucu sıcaklığının güç tüketimine etkisi

35 °C yoğuşma ve -10 °C buharlaşma sıcaklıkları için kompresörde tüketilen güç değerlerinin karşılaştırılması Şekil 8'de sunulmuştur.



Şekil 8. Farklı soğutucu akışkan için kompresörde tüketilen güç değerleri

Şekil 9'da farklı buharlaşma sıcaklıklarında sistemde dolaştırılması gereken soğutucu akışkan kütleli debileri verilmiştir. Buharlaşma sıcaklığının artması ile birlikte çevrimdeki soğutucu akışkan debisinin azaldığı görülmektedir. En yüksek debi gereksinimi R134a için oluşurken, en düşük debi gereksinimi R717 için oluşmuştur.



Şekil 9. Farklı buharlaşma sıcaklıklarında çevrimdeki soğutucu akışkan debileri





## Sonuçlar

Soğutma çevrimlerinde farklı soğutucu akışkanların kullanılması, çevrimin performansını ve kompresörün tükettiği gücü doğrudan etkiler. Bu çalışmada, R134a, R290, R600a ve R717 soğutucu akışkanlarının buhar sıkıştırımlı soğutma çevriminde kullanılması ele alınmıştır. Belirlenen soğutucu akışkanlar için farklı yoğuşma ve buharlaşma sıcaklıklarında çevrimin analizleri EES yazılımı kullanılarak teorik olarak gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen bazı sonuçlar aşağıda vurgulanmıştır:

- Yoğuşma sıcaklığı arttıkça COP azalmıştır. Farklı yoğuşma sıcaklıklarında en yüksek COP değeri 25 °C yoğuşma sıcaklığında R717 soğutucu akışkanı için 5,616 olarak hesaplanmıştır. En düşük COP değeri ise 55 °C yoğuşma sıcaklığında R134a için 1,899 olarak belirlenmiştir.

- Dört soğutucu akışkan için 55 °C ve 25 °C yoğuşma sıcaklıklarında elde edilen ortalama COP değerlerindeki fark %179'dir.

- Buharlaşma sıcaklığı arttıkça çevrimin COP değeri artmaktadır. En yüksek COP değeri 5 °C buharlaşma sıcaklığında R717 akışkanının kullanılması durumunda 7,331 olarak elde edilmiştir. En düşük COP değeri ise -25 °C buharlaşma sıcaklığında R134a için 2,029 olarak hesaplanmıştır.

- Dört soğutucu akışkan için -25 °C ve 5 °C buharlaşma sıcaklıklarında elde edilen ortalama COP değerleri arasındaki fark %240'tür.

## SEMBOLLER

$COP$	Performans katsayısı
$\dot{Q}_b$	Buharlaştırıcıda çekilen ısı [kW]
$\dot{Q}_y$	Yoğuşturucuda atılan ısı [kW]
$\dot{W}_{komp}$	Kompresörde tüketilen güç [kW]
$\dot{m}$	Çevrimde dolaşan soğutucu akışkan kütleli debisi [kg/s]
$\eta$	İzantropik verim

## KAYNAKLAR

Aminyavari M., Najafi B., Shirazi A., and Rinaldi F. 2014, Exergetic, economic and environmental (3E) analyses, and multi-objective optimization of a CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> cascade refrigeration system. *Applied Thermal Engineering*, 65(1-2), 42-50.

A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "A performance comparison of vapour compression refrigeration system using eco friendly refrigerants of low global warming potential," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 2, no. 9, pp. 1–8, 2012.

A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "Thermal analysis of vapour compression refrigeration system with R152a and its blends R429A, R430A, R431A and R435A," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 3, no. 10, pp. 1–8, 2012.

A. Baskaran and K. Mathews, "Thermodynamic analysis of R152a and dimethylether refrigerant mixtures in refrigeration system," *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering*, vol. 9, p. 4, 2015.

A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "Comparative study of environment friendly alternatives to R12 and R134a in domestic refrigerators," *European Journal of Scientific Research*, vol. 92, no. 2, pp. 160 171, 2012.



A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "Investigation of new eco friendly refrigerant mixture alternative to R134a in domestic refrigerator," Australian Journal of Basic and Applied Sciences, vol. 9, no. 5, pp. 297–306, 2015.

A. Baskaran, N. Manikandan, and V. P. Sureshkumar, "Thermodynamic analysis of di methyl ether and its blends as alternative refrigerants to R134a in a vapour compression refrigeration system," Development, vol. 5, p. 12, 2018.

Bilal A. Akash, Salem A. Said, Assessment of LPG as a possible alternative to R- 12 in domestic refrigerators, Energy Convers. Manage. 44 (3) (2003) 381–388, [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(02\)00065-1](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00065-1).

Cleison Henrique de Paula, Willian Moreira Duarte, Thiago Torres Martins Rocha, Raphael Nunes de Oliveira, Antônio Augusto Torres Maia, Optimal design and environmental energy and exergy analysis of a vapor compression refrigeration system using R290 R1234yf and R744 as alternatives to replace R134a, Int. J. Refrig. 113 (2020) 10–20, <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.01.012>.

J.-N. Lee, C.-C. Chen, C.-C. Ting, Numerical analysis of exergy for airconditioning influenced by ambient temperature, Int. J. Eng. Technol. Innov. 4 (3) (Jul. 2014) 152–160.

K.-J. Park and D. Jung, "Performance of alternative refrigerant R430A on domestic water purifiers," Energy Conversion and Management, vol. 50, no. 12, pp. 3045–3050, 2009.

K.-J. Park, Y. Lee, and D. Jung, "Cooling performance of R510A in domestic water purifiers," Journal of Mechanical Science and Technology, vol. 24, no. 4, pp. 873–878, 2010.

K. J. Park, Y. H. Lee, D. S. Jung, and K. K. Kim, "Performance of R435A on refrigeration system of domestic water purifiers," Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, vol. 21, no. 2, pp. 109–117, 2009.

Marcucci Pico, David Rosa Ribeiro da Silva, Leonardo Schneider, Paulo Filho, Enio. Performance evaluation of diamond nano lubricants applied to a refrigeration system, Int. J. Refrig. 100 2018 10.1016/j.ijrefrig.2018.12.009.

M. Mohanraj, "Energy performance assessment of R430A as a possible alternative refrigerant to R134a in domestic refrigerators," Energy for Sustainable Development, vol. 17, no. 5, pp. 471–476, 2013.

Radhouane Ben Jemaa, Rami Mansouri, Ahmed Bellagi, 2016 *Energy and exergy investigation of R1234ze as R134a replacement in vapor compression chillers*, International Journal of Hydrogen Energy 17 42.

Singh K. K., and Kumar R. 2022, Energy, Exergy, Environmental and Economic Analyses of Natural Refrigerants for Cascade Refrigeration. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(12), 15797-15821.

V. Nair, A.D. Parekh, P.R. Tailor, Experimental investigation of a vapour compression refrigeration system using R134a/Nano-oil mixture, Int. J. Refrig. 112 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.12.009>.

V. Reddy, N.L. Panwar, S. Kaushik, Exergetic analysis of a vapour compression refrigeration system with R134a R143a R152a R404A R407C R410A R502 and R507A, Clean Technol. Environ. Policy 14 (2012) 47–53, <https://doi.org/10.1007/s10098-011-0374-0>.

X. Xu, D. Clodic, Exergy Analysis on a Vapor Compression Refrigerating System Using R12, R134a and R290 as Refrigerants, Int. Refrig. Air Conditioning Conf. Paper 160 1992 <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/160>.



## ÖZGEÇMİŞ

### **Ertan BUYRUK**

İlk, orta ve lise eğitimini Sivas'ta tamamladı. 1991 yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Temmuz 1992- Aralık 1996 yılları arasında İngiltere Liverpool Üniversitesi'nde doktorasını tamamladı. 1997 yılında Yrd. Doç., 2004 yılında Doçent, 2009 yılında Profesör unvanını aldı. Prof. Buyruk, Elektrik Elektronik Mühendisliği, Endüstri Mühendisliği, Makine Mühendisliği Bölüm Başkanlıklarının yanında Mühendislik Fakültesi Dekan Yardımcılığı görevlerini de yerine getirmiştir. Evli ve bir çocuk babası olan Buyruk İngilizce bilmektedir. 2012 yılından itibaren Üniversite - Şehir ve Sanayi İşbirliği ile ilgili Rektör Danışmanlığı görevini de yürütmüştür. Prof. Buyruk, 2015-2016 yılları arasında Rektör Yardımcılığı görevini de yürütmüştür. Temel çalışma alanları: Isı ve Kütle Transferi, Termodinamik, Akışkanlar Mekaniği, Isı Yalıtımı, Soğu Depolama, Plakalı Kanatçıklı Isı Değiştiricilerde ve Nanoakışkanlarda Isı Transferi üzerinedir.

### **Mustafa CANER**

2013 yılında Bozok Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2014 yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaya başlamıştır. Aynı Üniversitede 2018 yılında yüksek lisansını tamamlamış ve doktora çalışmasına devam etmektedir.

### **M. Musab BAYAT**

1991 yılında Ordu/Aybastı'da doğmuş, 2014'te Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi 'nden Elektrik-Elektronik mühendisi unvanı alarak mezun olmuştur. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden, 2017'de yüksek lisansını tamamlamış ve bugün doktora eğitimine devam etmektedir. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde "Araştırma Görevlisi" olarak çalışmaktadır..



# YAPAY ZEKÂYA İYİMSER BİR BAKIŞ

Yılmaz KILIÇASLAN\*

\*Prof. Dr., ORCID: 0000-0002-5020-6547

## ÖZET

Yapay zekâ teknolojileri, bizi hızla yeni bir çağa taşımakta. Yaşadığımız dönüşümün baş döndürücü hızı, doğal olarak çeşitli kaygı ve korkulara da yol açmakta. Bu çalışmada soyut ve geniş bir perspektiften; makinelere, insanın makinelerle birlikte süre giden var oluşuna, yapay zekâya ve insan aklına bakacağız. İnsan aklının makine zekâsından daha büyük olduğunu ve dolayısıyla gelecek için iyimser olma hakkımızın olduğunu iddia edeceğiz.

**Anahtar Kelimeler:** Yapay Zekâ, Yapay Öğrenme, İnsan Aklı, Makine, Turing Makinesi

## ABSTRACT

Artificial intelligence technologies are quickly taking us to a new era. The dizzying speed of the transformation that we are experiencing is giving rise to various concerns and fears naturally. In this study, we will have a look at machines, the human existence along with machines, artificial intelligence, and human wisdom from an abstract and broad perspective. We argue that human wisdom is greater than machine intelligence and, thus, we are entitled to be optimistic about the future.

**Key Words:** Artificial Intelligence, Artificial Learning, Human Wisdom, Machine, Turing Machine

## 1. Giriş

Son zamanların en popüler konusu nedir diye sorulsa, herhalde birçoğumuzun cevabı “*yapay zekâ*” olacaktır. Haberlerde, sohbetlerde, makalelerde, kitaplarda, derslerde vs. ‘*yapay zekâ*’, ‘*akıllı makine*’ gibi sözleri çokça duyar veya okur olduk. O kadar çok kullanıyoruz ki artık bu sözler anlamlarını yitirmeye başladılar. Günlük kullanımda zihinlerde oluşan karşılıkları, betimleyici anlamlarının yerine, daha çok adlandırdıkları teknolojik ürünlerin çağrışımları olmakta.

Bu çağrışımlar içerisinde en başat yeri “*Yapay Zekânın Başımıza Açacağı Belâlar*” başlığı altında toplayabileceklerimizin alması ise, gerçekten dikkate değer bir husus. Söz konusu kötümserlik öylesine artmakta ki yapay zekâ için “*tanındıkça seilmeyen teknoloji*” bile denebilir. Yalnız; bu tespit, şu soruyu da sormamızı gerektirecektir: “*yapay zekâyı gerçekten tanıyor ve biliyor muyuz?*” Bu çalışmada; bu soruya cevap arayacağız ve ulaştığımız cevaba dayanarak, çok kötümser olmamıza gerek olmadığını ve hatta yapay zekânın bizi götürdüğü gelecek için iyimser olabileceğimizi öne süreceğiz.





## 2. 'Makineleşen' İnsan

### 2.1. Sanayi Öncesi Toplumda 'İnsan'

Teknik ayrıntılara girmeden, yapay zekâyı, 'insan' gibi düşünen veya davranan 'makinelere' üretmeyi amaçlayan çalışmaların bütünü olarak tanımlayabiliriz (bkz. Kılıçaslan 2022, Russell & Norvig 2022). Peki ama 'insan' ne demek, 'makine' ne demek?

'Makine' sözcüğünü hangi anlamda kullandığımızı biraz sonra ifade edeceğiz. İlginçtir, insana dair tanımlamalar daha çok sanayi öncesi filozoflarınca yapılmış. Şimdi, hızla bu tanımlamalara bir göz atalım.

İnsan olanı, olmayandan ayırmak kolay. Bu meselede neredeyse hiç zorlanmayız; insanı diğer canlılardan, makinelerden, robotlardan ve hatta insansı olanlarından<sup>1</sup> bile kolayca ayırabiliriz. Yalnız, bu gönderi şeklindeki başarıyı, insanın betimleyici tanımlamasını yaparken gösterdiğimiz söylemek güç. İlk insana *homo erectus*, yani *dik duran* insan denir. İnsan, Sokrates'e göre *sorgulayan*; Platon'a göre *toplumsal olan*; Aristoteles'e göre, *siyaset yapandır*. Septikler için insanın *şüphe eden* olduğunu öğrenmek şaşırtıcı değildir. Daha birçok tanım var: *alet kullanan insan*, *gülen insan*, *ağlayan insan*, vs. En çok akılda kalan insan tanımı ise, Descartes'in *homo sapiens* sözüyle zihnimizde donmuş kalmıştır; insan (Aristoteles'in belirttiği gibi), *düşünen* varlıktır.

Dikkat edilirse, sanayi öncesi dönemlerin filozofları, tanımlamalarında, insanları hayvanlardan ayırma çabasına girmişler. Her tanım hayvanda olmayıp da insanda olan bir özelliğe dayandırılmıştır. Yaşam mücadelesini hayvanlarla birlikte verdiğimiz bir tarihsel dönem için, 'insan' olmanın sınırlarının hayvanlarla kıyaslanarak belirlenmesi beklenir ve anlaşılırdır.

### 2.2. Sanayi Toplumunda 'İnsan'

Sanayi döneminde, hayat mücadelesinde hayvanların yerini, makineler almıştır. Makineler, hem hayvanları hem de biz insanları başta üretim olmak üzere yaşam mücadelesinin birçok alanında kas gücü kullanmaktan kurtarmışlardır. Yalnız; bu durum, insanlara zorunlu üretim faaliyetlerinden bütünüyle bağımsız olmanın yolunu açmamıştır. Genel olarak, sanayi dönemi makineleri, otonom davranabilme kabiliyetinden yoksun olan ve dolayısıyla ancak insanların kontrolünde çalışabilen aygıtlardır. "Bu türden bir makineli hayatta kontrol insandadır" diyebiliriz. Ama bu cümlenin derin anlamı gramerindeki olumlu kipi taşımaz: makineleri kontrol etmek için insanlar onları kullanmayı öğrenmek, kullanırken yanı başlarında olmak ve çalışma ritimlerini onların temposuna uydurmak zorunda kalmışlardır. Yani, biz insanlar makineleri kontrol ederken, bedenlerimiz ve zihinlerimiz makineli yaşam tarzının kontrolü altına girmiştir.

Daha da kötüsü, sanayi çağında insanlar tıpkı makineler gibi tek boyutlu bir varoluşa hapsolmuşlardır. Bu durum, rastlantısal değil makineli yaşamın dayattığı bir sonuç olmuştur. Makineler insanları kendi varoluşlarının kavramsal sınırlarına hapsedmişlerdir. Peki, makinelerin kavramsal sınırları nedir? Şimdi, bu meseleye açıklık getirelim.

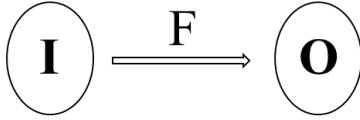
Makine, matematiksel tanımıyla, bir girdi alıp bir çıktı verendir. Örneğin, bir kahve makinesi bir miktar kahve meyvesini ve suyu girdi olarak alır ve çıktı olarak içilebilir kahve verir (bkz. Şekil 1):

<sup>1</sup> İnsansı robotun bir diğer adı, eski Yunanca kökenli bir sözcük olan 'android'dir.



Şekil 1. Kahve makinesi

Matematiksel tanımlar; çok genel, dolayısıyla çok soyuttur. Açıktır ki yaptığımız tanım uyarınca; makine, en soyut haliyle bir fonksiyondur (bkz. Şekil 2):



Şekil 2. Fonksiyon

Fonksiyonlar, dolayısıyla makineler, çok tekdüzedirler. Hep aynı işi yaparlar. Hep aynı girdileri aynı çıktılara götürürler. Kahve makinesi, kendisine kahve meyvesi ve su verildiği sürece bize hep içilebilir kahve verecektir; asla çorba ya da gazoz vermeyecektir. Tıpkı,  $f(x) = 2x + 5$  biçiminde tanımlanmış  $f$  fonksiyonunun, 3 sayısını girdi olarak aldığı her durumda çıktısının 11 olması gibi...

Dikkat ediniz, tanımlarken fonksiyonun varoluş kipine herhangi bir göndermede bulunmadık. Zira bunun bir önemi yok. Fonksiyon; metalden, plastikten oluşmuş somut bir aygıt da olabilir; bütünüyle soyut matematiksel bir bağıntı da... Hatta ete kemiğe bürünmüş bir canlı da olabilir. Sonuncusunun örneği, sanayi toplumu bireyidir. Tek bir işi yapmak için eğitilmiştir. Verili uygun koşullarda hep aynı görevi yerine getirir, hep aynı üretimi yapar. Herbert Marcuse'un (1964) "One Dimensional Man" adlı kitabı, bireyin sanayi toplumunda tek boyutlu bir yaşama hapsoluşunu anlatır ve eleştirir:



Şekil 3. Sanayi toplumu bireyi

Sanayi toplumu iş bölümü üzerine kuruludur. İşlerin olabildiğince küçük parçalara ayrılması makinelerin kullanılmasının ön koşuludur: bir iş, parçalarına ayrıldıkça basitleşir ve yeterince basitleşince makinelerce yapılabilir hale gelir ve hep öyle de olur ve olmuştur. Modern insan da; bazen hemen makinenin yanı başında bulunan mavi yakalı olarak, bazen henüz yeterince mekanikleşmemiş zihinsel

bir rol üstlenen beyaz yakalı olarak ama her zaman tek boyutlu bir çalışan olarak bu iş bölümünde yerini alır. Yani modern insan için uzmanlaşma, tek bir fonksiyona indirgenmiş olması anlamına gelir.

Yapay zekâ çalışmalarının, 'insan' gibi düşünen veya davranan 'makinelere' üretmeyi amaçladığını söylemiştik. Bu birkaç on yıllık değil, birkaç yüzyıllık bir amaç. Daha 1500'li yıllarda Leonardo da Vinci ilk mekanik hesap makinesi tasarımını yaparken, insan gibi hesap yapan bir makine yapmayı hayal etmiştir. 200 yıl kadar sonra, Gottfried Wilhelm Leibniz *calculus ratiocinator* ile bu hayali çok daha yüksek bir seviyeye, yalnız sayıları değil diğer kavramları da hesaplayabilen mekanik bir düzenek hayali düzeyine taşımıştır. Belki şaşırtıcı gelebilir; 20. yüzyılın ilk yarısında, günümüz bilgisayarlarını yaratmaya çalışanlar, bu makinelerin insan gibi düşünebileceklerine inanıyorlardı. Alan Turing "makinelere düşünebilir mi" sorusunu soruyor, Von Neumann'ın ENIAC'ı *elektronik beyin* olarak adlandırılıyordu. Birçoğunu atlayarak bazı dönüm noktalarını andığımız<sup>2</sup> bu serüvenin sonunda ulaştığımız sonuç şu: **insana benzeyen** makineler yerine, **makineye benzeyen** insanlar.

Şimdi bu serüvene, insanlaştırılmaya çalışılan makinenin serüvenine biraz daha yakından; insanın makinedeki iz düşümü olarak 'görülen' bilgisayar açısından bakalım.

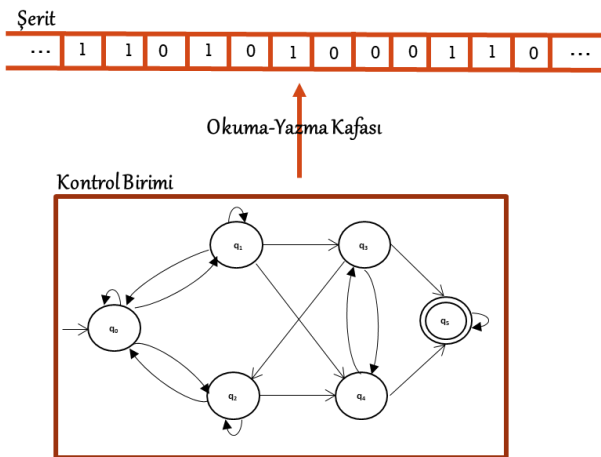
### 3 'İnsan' Olmayan Makine

#### 3.1. Computer

Genelde makinelere benzemek istemeyiz. Tek bir fonksiyona indirgenmiş olmanın bedelini biliriz. Bu tek fonksiyonu ne kadar iyi icra edersek edelim, bu birçok başka yetimizin körelmesi pahasına olmuştur. Neyse ki; bu duruma yol açan makineli yaşam, buradan çıkış yolunu da açmıştır. Çıkışa giden yolun en önemli araçları bilgisayarlardır.

Bilgisayar da bir makinedir ama çok özel bir makine. Bilgisayarın özelliği, en genel makine olmasıdır. Bir bilgisayar, doğru olarak programlanması halinde ve sınırsız zaman ve sınırsız bellek ile, algoritmik olarak, yani sonlu ve ayırık adımda çözülebilecek her problemi çözebilir. Bu nedenle, bilgisayarın bir diğer adı **evrensel makine**dir. Bir kez daha vurgulamak gerekirse, bilgisayarın evrenselliği; potansiyel olarak, bütün fonksiyonların / makinelerin 'toplamı' olmasından gelir.

Evrensel makinenin, matematiksel modeli Alan Turing'e aittir. Zaten, Turing makinesi olarak da adlandırılır. Aşağıda bir Turing makinesinin görsel örneği yer almaktadır:

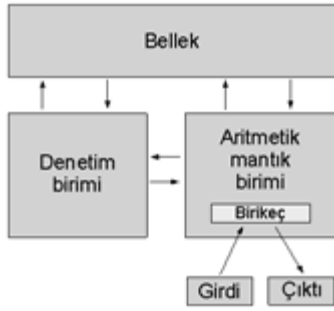


Şekil 4. Bir Turing makinesi

<sup>2</sup> Bilgisayar teknolojilerinin tarihine genel bir bakış için bkz. Kılıçaslan (2021).

Şaşırtıcıdır; bu makine ‘her şeyi’ inanılmayacak kadar az sayıda işleme yapar: *okuma-yazma kafasının şeritte gösterdiği hücreye bir sembol yaz, okuma-yazma kafasını şeritte sola ya da sağa kaydır, içinde bulunduğu durumda kal ya da bir başka duruma geç.* Öyle görünüyor ki, evrensel işlevselliğin yolu biçimsel yalınlıktan geçmekte.

Turing’in matematiksel modelini ilk genel amaçlı bilgisayar tasarımına dönüştüren Macar asıllı ABD’li matematikçi John von Neumann’dır. Tasarım 1946 yılında ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer) adıyla vücut bulmuştur:



Şekil 5. (a) Von Neumann mimarisisi<sup>3</sup> (b) ENIAC<sup>4</sup>

Von neumann’ın tasarımının da yalınlığı dikkat çekicidir.

Vurgulayalım; bilgisayarlarımız evrensel makinelerdir. Bütün fonksiyonların gücünü gizil olarak barındırırlar. Ama, yine de yakın zamana kadar bize bağımlıydılar; tıpkı, ‘tek-fonksiyon kapasiteli’ makineler gibi... Bir bilgisayarın hangi fonksiyonu icra edeceğini bizim söylememiz gerekiyordu. Onun anlayacağı bir dille, bir programlama dili ile doğru algoritmayı bir programa dönüştürerek.

### 3.2. Yapay Öğrenme

“Bilgisayarlar **yakın zamana** kadar bize bağımlıydılar” diyoruz çünkü yakın zamanda, bu yüzyılın başında, değişen koşullarda anlamlı işlevsellik gösterebilecekleri bir yeti kazandılar, **öğrenme** yetisi. Artık, bilgisayarlarımız, onları uygun ve yeterli miktarda veriyle beslersek, kendi programlarını yazabilir ve / veya ardından daha önce karşılaşmadıkları veriyi de inceleyebilirler. Bu, kuşkusuz, bilgisayarların bağımsızlaşması yolunda büyük bir adım. Elbette, “yine de işleyecekleri veriyi onlara halen biz veriyoruz; öyleyse, bize hâlen bağımlılar” denebilir. Ama unutmamalım ki makinelerin bolca veriye kolaylıkla erişebileceği bir çağdayız. Işık ve Kılıçaslan’ın (2020) aşağıdaki sözleri, bu çağın konuyla ilişkili önemini vurguluyor.

Çevremizde veriden bol ne var ki! Her yer, bir sürü şeyin verisiyle dolu. Özellikle internet... Makineler de internete bağlılar. Aynı biz insanlar gibi onlar da aradıklarını orada bulabilirler. Böylece kendi programlarını yazan makineler, artık işleyecekleri veriye de kendi başlarına ulaşabilirler. (s. 61-62)

Bilgisayarların karşılaştıkları problemlerin üstesinden gelmek için kendi çözümlerini bulabilmesine **yapay öğrenme** diyoruz. **Makine öğrenmesi** diyenler de var. Yapay öğrenme, yapay zekâ alanındaki çalışmalarda önemli ilerlemelere ve insanların yapay zekâyâ dair duygu ve düşüncelerinde radikal değişimlere yol açtı.

<sup>3</sup> [https://tr.wikipedia.org/wiki/Neumann\\_mimarisi#/media/Dosya:VonNeumannMimarisi.PNG](https://tr.wikipedia.org/wiki/Neumann_mimarisi#/media/Dosya:VonNeumannMimarisi.PNG)

<sup>4</sup> <https://www.topragizbiz.com/konular/eniac-ilk-bilgisayar.11386/>





Yapay öğrenme ile birlikte, ilk kez makinelerin bizden bağımsız davranabilecekleri kanısı insanların zihinlerinde yer etmeye başladı. Zaten doğru programlanması halinde algoritmik olarak çözülebilecek her problemi çözebilen bilgisayar, artık bunu bir insanın desteği olmaksızın da yapabilecektir. Üstelik; bu yetisini yalnızca biz insanlarca öngörülebilir durumlarda değil, belirsizlik barındıran durumlarda da kullanabilecektir. Yani, öğrenen bilgisayarlar bütünüyle kontrolümüzden çıkabilecek gibi görünüyorlar.

Şunu da belirtmek gerekir. 20-25 yıl önce her problem alanına özgü öğrenme algoritmasını ve bu algoritmanın kullanacağı öğrenme parametrelerini biz seçerdik. 10 yıl kadar önce, yapay öğrenmede yeni bir evreye girdik. Artık, derin öğrenmeyle birlikte bilgisayarlar bu hususlarda da desteğimize ihtiyaç duymuyorlar. Derin öğrenme algoritmaları *evrensel öğrenciler* gibi davranıyorlar. Yalnızca yeterince büyük veriyle beslenmiş olmaları, verilen problemi çözecek yolu bulmalarına yetiyor.

Gelişmeler bunlarla da sınırlı kalmadı. Geçtiğimiz birkaç yıl içinde, üretken yapay zekâ ile tanıştık. Öncesinde, bilgisayarlar sadece girdi olarak aldıkları veriyi pasif bir şekilde kümelendiriyor ve / veya sınıflandırıyorlardı. Şimdi, aldıkları girdiye karşılık çıktı da üretiyorlar. Örneğin, sorduğumuz her soruya yanıt veren, her söylediğimize karşılık söyleyecek bir şeyi olan sohbet robotlarımız var; ya da, girdiğimiz doğal dil ifadesinin anlamına karşılık gelen görseller üreten modellerimiz...

Bu gelişmeler bilimsel ve sosyal hayatı o kadar etkisi altına aldı ki bugün 'yapay öğrenme' ve 'yapay zekâ' neredeyse eş anlamlı terim öbekleri gibi kullanılır hâle geldiler. Elbette, öyle değil. Russell ve Norvig'in (2003) *Artificial Intelligence: A Modern Approach* adlı kitaplarının daha en başında da ifade ettikleri gibi, yapay öğrenme yapay zekânın alt alanlarından bir tanesidir, yapay zekânın bütünü değildir.

#### 4. Makineden Daha Büyük Olan İnsan

Bu çalışma açısından sorulması gereken soru şu: öğrenme yetisi kazanmış 'akıllı' makineler gerçekten insanlık için şu ya da bu düzeyde varoluşsal bir tehdit midir? Birçok kişi öyle olduğunu düşünüyor. Yapay zekânın, bütün işlerimizi elimizden alacağını düşünenler çoğunlukta. Bütün güvenlik duvarlarını yıkarak uygarlığımızın sonunu getireceğini düşünenler de az değil. Hatta bir tür olarak insanlığı yok edeceğini düşünenler de var. Bu kötümser beklentilerin altında yatan varsayım ise şu: yapay zekâ, insan aklından daha büyüktür.

Biz ise tersini düşünüyoruz. "İnsan akli yapay zekâdan daha büyüktür" diyoruz. İnsandan yana bu tavrımızda yalnız değiliz.

Makinelere zekâ atfederken çok cömert olması ile bilinen Alan Turing bile şu tespiti yapmıştır: insan davranışı herhangi bir biçimsel kurallar kümesi ile belirlenmeyecek kadar karmaşıktır. Turing makinesinin bütünüyle biçimsel bir düzenek olarak karakterize edildiğini hatırlayın. Demek oluyor ki bilgisayarının insanın algoritmik olarak çözebileceği her problemi çözebileceğine inanan Alan Turing, yine de insan davranışını üretebilecek kadar güçlü bir makine tasarlamadığının farkına varmıştır.

Ünlü filozof John Searle, Turing görüşünü şu sözlerle desteklemiştir: bilgisayarlar biçimsel, insanlar ise anlamsal varlıklardır. Searle, Turing makinesinin asla insanın zihinsel varoluşuna benzer bir varoluşa sahip olamayacağına inanmaktadır.

Aşağıdaki alıntı, Alan Turing'in çalışmalarından esinlendiğini düşündüğümüz, Cahit Arf'a aittir.

Makinelerin bazı işleri insan beynine nazaran çok daha çabuk yapabilmelerine mukabil anlayış yani alış kapasiteleri büyük bir salonu doldurabilecek kadar büyük olanlarında bile tenevvü bakımından insan beyninden çok düşüktür. İnsan beyninin kendi kendisini kendi inisiyatifi ile tekemmül ettirmesine mukabil makine yapıldığı gibi kalmaktadır. Bununla beraber kendi kendisini tekemmül ettiren makine tasarlamak mümkündür. Fakat kanaatimce insan beyni ile makine arasındaki asıl fark, insan beyninin estetik mahiyette müessirleri alıp onlar üzerinde işleyebilmesi ve yine estetik mahiyette olan kararlar



verebilmesine, verilen bir işi yapıp yapmamak hususunda kendisini serbest hissetmesine mukabil makinede bu vasıfların benzerlerinin yok oluşudur. Bu vasıfları karakterize eden husus hepsinin de bir belirsizlik unsuru ihtiva etmesi, bunların şaşmaz bir şekilde uydukları kaidelerin mevcut olmayışıdır. Belirsizlik karakterini haiz olan insan dışı tabiat hâdiseleri mevcuttur. Bunlar atom içinde ceryan eden olaylardır. Bu itibarla nisbeten küçük sayıda atom içinde ceryan eden olaylar böyle makinelerin işleyişinde müessir hale getirilebilirse, makinelerin estetik bakımdan da insan beynine benzetileceği ümit edilebilecektir. Böyle bir makine, mesela filân müzik parçasını güzel bulmadığını söyleyebilecektir. Fakat bu işin uzun yüzyıllar sonra bile ve belki de hiçbir zaman yapılamayacağını zannediyorum. (1959, s. 103)

Bu alıntıda birçok önemli iddia mevcut. Bazılarını doğru, bazılarını da yanlış bulabiliriz. Yalnızca şu ikisine dikkat çekmek istiyoruz. Birincisi, insanın bir işi yaparken bilinçli ve buna mukabil istençli olabileceğinin belirtilmesi; ikincisi ise, makinelerin insanın bilinçli zihin haline benzer bir varoluşa sahip olmaları için, atom altı olaylara benzer bir işleyişe sahip olmaları gerektiğinin öne sürülmesidir.

Evet, artık bilgisayarlarımız insan zihniyle yapılabilen birçok şeyi yapabilmekteler; hatta çoğunluğunu bizden daha iyi yapabilmekteler. Yalnız, bir şeyden bütünüyle yoksunlar: bilinçli olma hâli. Flanagan'ın (1998) Bilinç (Consciousness) başlıklı çalışmasında da belirttiği gibi, yapay zekâ ile donanmış Deep Blue adlı bilgisayar programı en iyi satranç oyuncusunu yenebilecek kadar zeki olabilir ama bütünüyle bilinçten yoksundur. Dolayısıyla, 1997 yılında yenmeyi başardığı Kasparov'un bu karşılaşma öncesinde heyecanlandığını, karşılaşma esnasında psikolojik gerginlik yaşadığını ve sonrasında uğramış olduğu yenilgiyle çok üzüldüğünü düşünebiliriz; fakat, bilinçli olmayı gerektiren bu psikolojik durumların hiçbirinin Deep Blue tarafından deneyimlendiğini düşüneyiz.

Atom altı fiziksel işleyişin makinelerce modellenmesine gelirse; dışa vuran hareketleri tek boyutlu bir şerite sıkışmış olan Turing makinesinin, söz konusu belirsizlikten çok uzak olduğu ortada.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmadan çıkarılabilecek önemli bulduğumuz sonuçlar şunlardır.

Öğrenebilen ve üretken yapay zekâ ile donanmış makineler, algoritmik olarak çözülebilen bütün problemleri biz insanların desteği ve kontrolü olmadan çözebileceklerdir. Böylelikle bir çağdır içine hapsediğimiz mekanik ve tek boyutlu yaşam tarzından bizi kurtaracaklardır.

Makineler bilinç ve istenç sahibi olmadıkları için, bu yetileri gerektiren uğraşlar bize kalacaktır. Mekanik işlerden azade olacağımız için de; artık felsefi, sanatsal ve manevi gelişimimize daha fazla zaman ayırabileceğiz. Kısaca, makinelere özgü bir hayat tarzından çıkıp daha insani bir varoluşa sahip olacağız.

Elbette bütün bunların olabilmesi için yalnızca yapay zekâyâ güvenemeyiz. Biz insanlar da, yapay zekânın sunabileceği geleceğe, sosyal ve zihinsel açıdan hazırlıklı olmalıyız.

#### KAYNAKLAR

└

[1] KILIÇASLAN, Yılmaz. "Yapay Zekâyı Anla(t)mak için Doğal Zekâyı Anlamak". Endüstri 4.0 Bağlamında Geleceği Anlamak. Editör: Emine Kılıçaslan. Paradigma Akademi, 2022.



- [2] RUSSELL, Stuart J. and NORVIG, Peter. "Artificial Intelligence: A Modern Approach". Prentice Hall, New Jersey, 2003
- [3] MARCUSE, Herbert. "One-Dimensional Man". Beacon Press, 1964.
- [4] KILIÇASLAN, Yılmaz. "Teknolojinin Evrimine Parametrik Bir Bakış". 1. (Uluslararası Katılımlı) Rumeli Sürdürülebilir Çevre için Enerji ve Tasarım Sempozyumu Bildiri Kitapçığı. Rumeli Üniversitesi, İstanbul, 2021.
- [5] IŞIK, Toprak and KILIÇASLAN, Yılmaz. "Bu Robotlar Çok Akıllı". Doğan Egmont, 2020. Cahit
- [6] ARF, Cahit. "Makine Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?". Atatürk Üniversitesi – Üniversite Çalışmalarını Muhite Yayıma ve Halk Eğitimi Yayınları Konferanslar Serisi, No 1, 1959.
- [7] FLANAGAN, Owen, J. "Consciousness". In *A Companion to Cognitive Science*, edited by W. Bechtel and G. Graham. Malden, MA: Blackwell, pp. 176-185, 1998.

## ÖZGEÇMİŞ

### Yılmaz KILIÇASLAN

1969 yılında Simav'da doğmuş, 1992'de ODTÜ Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden mühendis unvanı olarak mezun olmuştur. Edinburgh Üniversitesi Bilim Fakültesi'nden, 1994'te "Yüksek Lisans" ve 1999'da "Doktora" derecelerini almıştır. 2000 – 2016 yılları arasında, Öğretim Görevlisi, Yardımcı Doçent, Doçent ve Profesör unvanlarıyla Trakya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nin akademik kadrosunda yer almıştır. 2016'dan bu yana Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nde Profesör unvanıyla çalışmalarını sürdürmektedir. Ulusal ve uluslararası 70'in üzerinde makalesi, bildirisi, kitabı ve kitap bölümü yayınlanmıştır.



# SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE YAKLAŞIMINDA TERMODİNAMİK PARAMETRELERİ ÖLÇÜMLERİN GEREKLİLİĞİ

Ahmet CAN\*

\*Prof.Dr.-Ing., İstanbul Rumeli Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
ahmet.can@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1460-6615

## ÖZET

Enerji bilimi olarak tanımlanan termodinamik parametreleri, sürdürülebilir çevre için önemli değişkenlerdir. Ulusal ve uluslararası ortamlarda iklim değişikliği açıklamaları yapılırken atmosfer sıcaklık ortalaması değerinin 1,5 °C düşürülmesi sıklıkla tanımlanan bir hedeftir. Diğer yönüyle atmosferdeki CO<sub>2</sub> değerinin önce 2030 yılına kadar doksanlı yıllardaki değeri esas alınarak %50 azaltılması gereklidir. Daha sonra 2050 yılında nötr karbondioksit salımı hedefi ile ilgili uluslararası protokoller imzalanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Çevre, Termodinamik Parametreleri, Sıcaklık, Basınç

## ABSTRACT

Thermodynamic parameters, defined as the science of energy, are important variables for a sustainable environment. While making climate change statements in national and international environments, reducing the average atmospheric temperature value by 1.5 °C is a frequently defined target. On the other hand, the CO<sub>2</sub> value in the atmosphere must first be reduced by 50% by 2030, based on its value in the nineties. Later, international protocols were signed regarding the target of neutral carbon dioxide emissions in 2050.

**Keywords:** Sustainability, Environment, Thermodynamic Parameters, Temperature, Pressure

## 1 GİRİŞ

Termodinamiğin amacı, bir cisim içindeki hız ve kütle yoğunluğu alanlarını hesaplamaktır. Yoğunluk, hız ve sıcaklık, bir işlem sırasında bir cismin tüm noktalarında aynı değildir ve zaman içinde sabit değerde kalmazlar. Bu nedenle yoğunluk, hız ve sıcaklık değişkenleri, zamana bağlı alanlar olarak tanımlanmıştır.

Termodinamikte, bir cismin durumu, akışkanlar mekaniğinden daha doğru bir şekilde tanımlanmaktadır, çünkü hareket ve atalet ek olarak maddenin ne kadar sıcak olduğu da hesaba katılmaktadır.

İki cisim arasındaki temas yüzeyinde sıcaklık sabittir. Bu özellik ile sıcaklık tanımlanmıştır ve tüm sıcaklık ölçümlerinin temelini oluşturmaktadır. Termodinamik bilim alanı uzmanları, sıcaklığın bu süreklilik özelliğini termodinamiğin sıfıncı yasası olarak adlandırmaktadırlar.

Termodinamik, 18. Yüzyılın sonuna kadar enerji – ısı ve iş bilimi şeklinde anılmıştır. Aynı şekilde ısı, “kalorik” adı verilen ağırlıksız bir akışkan gibi tanımlanmıştır. 18. yüzyılın mühendisleri, ısı, yüksek sıcaklıktan alçak sıcaklığa doğru akarken enerjisini koruduğunu ve yararlı iş üretecek bir makine tasarlanabileceğini anlamışlardır. Bu makine, ısı makinesi olarak adlandırılmıştır ve ısı akışından yararlı iş üretilmiştir.

Bir yüzyıl içerisinde termodinamik bilimi, bir enerji bilimi, mutlak sıcaklık ve entropi olarak evrimleşmiştir. Mutlak sıcaklığın mutlak sifira yaklaşmasıyla sistemlerin sınırlanmış davranışı ise termodinamiğin 3. Yasası ile Walther Nernst tarafından açıklanmıştır. Kullanılabilirlik (ekserji), Massachusetts Teknoloji





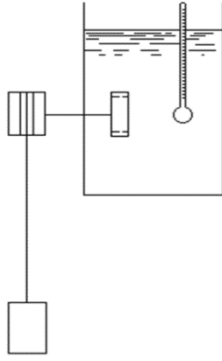
Enstitüsü'nün (MIT) tarafından termodinamik ekolünde ikinci yasa analizleri ve içyapısal termodinamik ortaya konulmuştur. Enerji sistemlerinin ve enerji sistemlerinin tüm bileşenlerinin analizinde çevre koruma esas alınabilir. Mühendislik termodinamiği ile elverişli ve verimli çözümler üretilebilir ve bunlar uygulanabilir.

James Prescott Joule, İngiltere'de Manchester yakınlarında ailesi tarafından işletilen bira işletmesinde 1818-1889 yılları arasında yaşamıştır. Joule, herhangi bir resmi eğitim görmemiştir ve diğer bütün bilim dallarında neredeyse hiç normal eğitim almamıştır,[1].

En önemli çalışmalarını mekanik, termal, kimyasal ve elektrik etkileri arasında nicel (sayısal) eşitlikler olabileceğine düşünerek yapmıştır. Birkaç farklı yol ile bazı sayısal bağlantılar üzerine çalışmıştır. Örneğin; elektrik etkilerin termal, kimyasal ve mekanik etkisi üzerine ve mekanik etkilerin de termal ve elektrik etkilerine dönüşümünü araştırmıştır.

Bir telden elektrik akımı ile ısı üretiminin 1840'da "I<sup>2</sup>R-ısıtma yasası", akımın (I) karesi ve ayrıca elektrik direnci (R) ile orantılı olduğunu göstermiştir. Daha sonra bugün en iyi bilinen çalışmalarından olan ısının mekanik eşitlik ölçümleri için Joule bu süreç ile ilgili ilk deneylerini 1843'de, 24 yaşında iken yapmıştır. En meşhur deneyleri mekanik işin ısı eşdeğerini tespit için yaptığı düşen bir ağırlık tarafından çalıştırılan indüklenme cihazı çarkıdır.

Joule; Şekil 2 ile gösterilmiş tesisattaki deneyler sayesinde kalorimetre olarak adlandırılan sistemde elde edilen ısının su sıcaklığındaki artışı ile ağırlık tarafından yapılan işin orantılı olduğunu göstermiştir.



Şekil 1. Joule'un Paddle-Wheel Deneyi

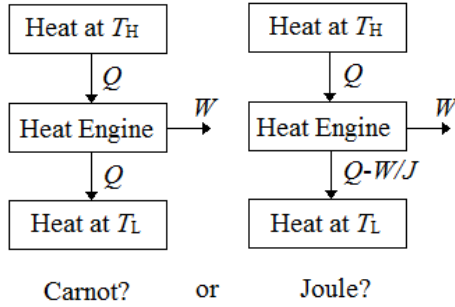
Thomson, daha sonra iş ısı eşdeğerini Joule'un onuruna "J" olarak belirlemiştir. Bu önemli deneyler sonradan kapalı bir sisteme göre çalışan çevrim için uygulanabilen termodinamiğin birinci yasası ile ifade edilmiştir,[1].

$$\int dQ - \int dW = 0 \quad (1)$$

Herhangi bir kapalı sistem bir çevrim boyunca bir iş üretiyorsa, çevreye karşı yapılan net işin toplamı çevreden alınan net ısının toplamı ile orantılıdır.

Joule, ısının mekanik dengesini değişik deneyleri ile ikna edici bir şekilde doğrulamıştır. Isının işe ve işin de ısıya dönüşebileceğini kanıtlamıştır. Bir ısı makinesinde ısının işe dönüştüğünü [1]'den alınmış Şekil 3 ile gösterilmiş prensibe dayalı olarak ileri sürmüştür.

Joule yorumunda, "ısı makinesi çalışması sırasında hiçbir şey kaybolmaz" açıklamasını savunmuştur.



Şekil.2 Carnot'un ve Joule'un Isı Makineleri

Thomson, 1850-1851'de ısının dinamiği teorisinin ya da Joule'un "ısı ve ışın kendi aralarında dönüştürülebilirliği" prensibinin, Carnot'un teorisinin temeli olduğunu açıklamıştır. Enerji toplamının herhangi bir eksiltme olmaksızın korunabileceğini fark etmiştir. 1851'de hem Carnot'un hem de Joule'un prensiplerini temel alan «Isının Dinamik Teorisi Üzerine» başlıklı bir bildiri yayınlamıştır. İlgilenilen herhangi bir sistem için enerjinin önemli bir özellik olduğu fikrini ilk defa Thomson ileri sürmüştür. "Doğanın işleyişinde hiçbir şey kaybolamaz, hiçbir enerji kaybolamaz".

Daha sonra, Helmholtz sistemin iç enerjisinin değişimi olarak (*de*) terimini kullanmıştır. Thomson'un Isının Dinamik teorisi, Joule-Carnot teorileri ile birlikte Joule-Fourier teorilerinin anlaşılması yönünden çok önemli olmuştur. Bunlara dayanarak Thomson, Carnot'un ideal tersinir ısı makinesi işleyişinin kabul edebilir olduğuna inanmıştır. Böylece, Carnot'un ısı makinesi veriminin ve elde edilen iş değerinin maksimum değerler olduğu daha fazlasının elde edilemeyeceği anlaşılmıştır.

Thomson, daha sonra enerji dağılım prensibi üzerine bir makale yayınlamıştır; Carnot, Joule ve Fourier'in teorilerini uyum içerisinde bir araya getirdiği için mutlu olmuştur. Böylece termodinamik ilgili iki ana kavram açıklanmıştır. Ancak sonraları Clausius tarafından açıklığa kavuşturulacak entropi özelliğinin önemi henüz belirtilememiştir.

W.J. Macquorn Rankine: 1820-1872 yılları arasında yaşamıştır, Glasgow Üniversitesi İnşaat Mühendisliğinde sıra dışı bir termodinamikçi olarak ün kazanmıştır ve Thomson'ın çalışma arkadaşı olmuştur,[2].

Bu üç bilim insanı (Rankine, Clausius, Thomson), tüm insanlık için kullanılabilir olan termodinamik bilimi prensiplerini inşa etmişlerdir. Termodinamik kavramlarının en önemlileri enerji, entropi ve sıcaklıktır,[3]. Clausius, makalelerini 1864 yılında "U fonksiyonu" başlıklı ısı teorisi içerisinde büyük bir öneme sahip olan bir kitapta toplamıştır.  $U(V, t)$  ve  $e(V, t)$  şeklinde tanımladığı ifadelerle kendi durum fonksiyonunu geliştirmiştir. Thomson geliştirilen bu fonksiyonu ilk olarak mekanik enerji, daha sonra ise yapısal enerji olarak adlandırmıştır. Daha sonraları, Helmholtz bunu iç enerji olarak adlandırmıştır,[4].

Clausius, ısının dönüşümü/iletimi çalışmasına başlamıştır ve bunun, "doğal" ve "doğal olmayan" olarak iki şekilde olabileceğini fark etmiştir. Bunun sonunda, sınırları arasında sadece ısı ve iş akışı olan ve sürekli çalışan bir ısı makinesinin çalışma prensibi daha netleşmiştir. Bugün modern termodinamik kitaplarında yer alan ve Plank-Kelvin yasası olarak bilinen termodinamiğin ikinci yasası, Plank tarafından ifade edilmiştir. Bir çevrimi tamamlayan ve tek bir kaynak ile ısı değişimi sırasında kütle artışı dışında herhangi bir etki üretmeyen bir makine yapmanın olanaksız olduğu açıklanmıştır.

Clausius, 1854'deki makalesinde herhangi başka bir etki olmadığı sürece ısı soğuk bir ortamdan sıcak bir ortama asla kendiliğinden geçemez ifadesini kullanmıştır. Bu ifade günümüzde termodinamik kitaplarında Clausius'un 2. Yasası olarak geçen termodinamiğin ikinci yasasına öncülük etmiştir: Bir çevrime göre çalışan, ısının düşük sıcaklıktaki bir ortamdan yüksek sıcaklıktaki bir ortama iletimi dışında başka bir etki yaratmayacak bir makine yapmak olanaksızdır. Bu tanım, ısı pompalarının ve soğutma makinelerinin geliştirilmesinin yolunu açmıştır.



Uzun analizlerden sonra günümüzde “Clausius Eşitsizliği” olarak bilinen, bir sistemin tersinir ve tersinmez çevrim çalışması için çok önemli olan aşağıdaki bağıntı elde edilmiştir.

$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad (2)$$

Bu özellik entropi olarak adlandırılmıştır. Clausius, sistemin tamamı için S, sistemin birim kütlesi için s sembolünü kullanarak bu özelliği tanımlamıştır. Tersinir bir süreç için aşağıdaki bağıntılar geçerlidir:

$$ds = \left( \frac{dQ}{T} \right)_{rev} \quad (3)$$

ve

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad (4)$$

Kapalı adyabatik bir sistemin entropisi artar ya da limit bir değerde sabit kalır. Bu ayrıca kapalı adyabatik sistemin özel bir durumu olan yalıtılmış bir sistem için de doğrudur. Bu durum, “*entropinin artışı ilkesi*” şeklinde tanımlanmıştır.

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (5)$$

Termodinamiğin üçüncü yasası; ilk olarak 1864-1941 yılları arasında yaşamış Alman kimyager ve fizikçi Walther Nernst tarafından formüle edilmiştir. Termodinamiğin üçüncü yasası, sıcaklığın mutlak sifira yaklaşması durumunda sistemin sınırlayıcı davranışlarıyla ilgilidir. Çoğu termodinamik hesaplamalarında yalnızca entropi farklılıkları kullanılmaktadır. Bundan dolayı entropi ölçeğinin sıfır noktası genellikle önemli olmamıştır, ancak termodinamiğin üçüncü yasası sıfır entropi koşulunu açıkladığı için göz önüne alınmaktadır. Termodinamiğin Üçüncü Yasası; “*Kristalin sıcaklığı mutlak sıfır sıcaklığa (0 K) eşit olduğunda, ideal kristalin entropisi sıfırdır*” şeklinde tanımlanır.

## 2. SICAKLIK

Cisimlerin sıcaklığını ölçmede kullanılan termometreler, genel olarak maddelerin termal genişmesine dayanır. Termometre ve sıcaklık ölçeğinin tarihsel gelişimi hakkındaki bazı açıklamalar, aşağıdaki şekilde yapılabilir. Yaygın olarak kullanılan Celsius sıcaklık ölçeğinin yanında bilimsel amaçlar için yaygın olarak mutlak veya Kelvin ölçeğini kullanılmaktadır. Her iki ölçeğin derecelendirilmesi aynıdır, böylece buzun erime noktası 0 derece ile normal basınçta suyun kaynama noktası 100 derece farklıdır. Bu sabit fiks noktaların sıcaklık ölçü değerleri aşağıdaki gibidir.

$$0^\circ \text{C ve } 100^\circ \text{C veya } 273,15 \text{ K ve } 373,15 \text{ K.} \quad (6)$$

Sıcak ve soğuk terimleri elbette eskidir, ancak bu duyuların nicel şekilde tespit edilmesi modern bilimsel kavramsallaştırmanın diğer alanlarda da başladığı 17. yüzyılın başlarına kadar gerçekleşmemiştir. Sıcaklık tanımlanmıştır ve tanımlanmıştır - başlangıçta bazen bir termometre olarak da anılmıştır - ancak ölçekli çalışan bir termometrenin ilk defa kimin tarafından icat ettiği belli değildir.

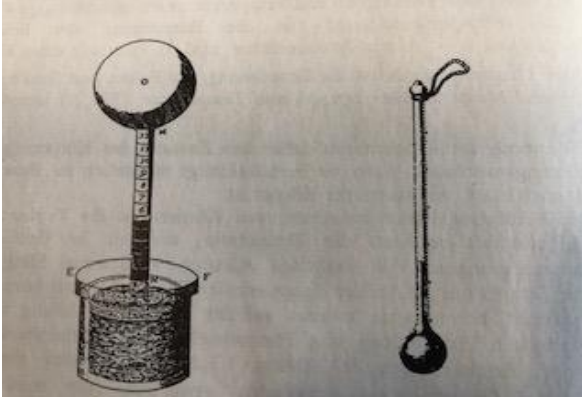
Venedikli diplomat Gianfrancesco Sagredo başlangıçta hava termometresinin Padov doktoru Sanctorius Sanctorius (1561-1636) tarafından icat edildiğini sanıyordu. Ancak saygıdeğer ustası Galileo Galileo Galilei (1564-1642) bu icadı kendisinin yaptığını ve buluşunun kendisi olduğunu açıklamıştır ve Sagredo bu iddiayı kabul etmiştir,[5].

Galli hekim Robert FLUUD (1574-1637) birkaç öncelikli iddiayı biliyor gibi açıklamada bulunuyor ve bunları şöyle yorumluyordu:

„... the instrument has many counterfeit masters or patrons in this our age, who, because that they have a little altered the shape of the modell, do vainly glory and give out, that it is a masterpiece of their own finding out.”,[5].



"... Çağımızda, enstrümanın birçok sahte ustası veya patronu var, bunlar modelin şeklini biraz değiştirdikleri için, boş yere övünüyorlar ve bunun kendi keşiflerinin bir başyapıtı olduğunu söylüyorlar." Fludd, bir termometre hakkında bilgiyi en az beş yüz yıllık antik bir el yazmasında okuduğunu yazmıştır.



Şekil 4. Fludd'un açık hava termometresi (1626)  
Alkol-Su Dolgulu Kapalı Floransa Termometresi (1641)

Fludd'un "Meteorologica Cosmica" adlı kitabında resmettiği Şekil 4. sol kısmında bir hava termometresi gösterilmiştir,[6]. Dış hava ısındıkça, kürenin içindeki hava genişlemektedir ve su sütununu dibe doğru itmektedir. Bu "termometrenin" dış hava dalgalanmalarına da tepki verdiği unutulmamalıdır ve bu özelliği ile barometre olmaktadır. Kapalı tutulan termometre ile bu çift işlevden kaçınılabılır. En eski cihazlardan biri Şekil 4. sağda gösterilmiştir. Küre alkol su karışımı "şarap ruhu" ile doludur. Küreye sıcak bir cisim dokundurduğunda, küre içindeki karışım, üst ucu kapalı borudaki vakuma doğru genişlemektedir. Bu termometre, Floransa termometresi olarak adlandırılmıştır.

Alman fizikçi, mühendis ve cam yapımcısı olan ve 1714'de cam gövdeli cıvalı termometreyi **Daniel Gabriel Fahrenheit** keşfetmiştir. Fahrenheit bir sıcaklık ölçeği geliştirmiştir ve daha sonra bu sıcaklık ölçeğine onun adı verilmiştir,[5,7].

Sagredo ve Galileo'ya geri dönüş ile: 7 Şubat 1615'te Sagredo, öğretmeni ve ustası Molto Illustre Signor Eccellentissimo'ya yazmıştır ve gözlemlerini termometreleriyle anlatmıştır,[4]. Mektubun ortasındaki güzel cümle çevirisi aşağıdaki şekildedir:

"Bu aletlerle, kuyu suyumuzun kışın yaza göre çok daha soğuk olduğunu açıkça görebildim;... duyularımız onu farklı yargılasa bile."

Sagredo ayrıca derecelerden de bahsetmektedir. Onları nasıl tanımladığı bilinmemektedir. Herkesin kendi derecelendirmesi vardı ve Şekil 4'deki Fludd termometresi veya 1700 civarında yapılan İngiliz John PATRICK'in termometresi gibi sıcaklık yükseldikçe derece sayısı küçülüyordu ve aşağıdaki tanımları taşıyordu:

90° Extream Soğuk .	55° Soğuk Hava.	15° Boğucu.
85° Büyük Don.	45° Ilıman Hava.	5° Çok Sıcak.
75° Sert Don .	35° Sıcak hava.	0° Aşırı Sıcak

Daha sonra, birçok bilim adamı tek tip bir ölçek için çabalamıştır ve kısa süre sonra iki sabit nokta sunmanın yararlı olduğu kabul edilmiştir. Napoliten profesör Sebastiano BARTOLD (1635-1676) kar ve kaynar su sıcaklıklarını önermiştir, ancak bu hemen kabul edilmemiştir. Diğer ilginç öneriler şunlardır:

suyun donma noktası ve tereyağının erime noktası,  
bir tuz-buz karışımının ve derin bir mahzenin sıcaklığı,  
Suyun donma noktası ve insan vücudu sıcaklığı.





Son öneri Isaac NEWTON'dan (1642-1727) gelmiştir; Aralığı 0'da donma ve 12'de vücut ısı ile eşit parçalara bölmüştür.

Gdansk tüccarı Daniel Gabriel FAHRENHEIT (1686-1736), bilinmeyen bir nedenden ötürü, üç sabit noktanın ikiden daha iyi olduğuna inanıyordu. Onları aşağıdaki şekilde açıklamıştır:

buz, su ve "deniz tuzu" karışımının sıcaklığı,  
deniz tuzu olmadan böyle bir karışımın sıcaklığı ve  
"sağlıklı yaşayan bir adamın" koltuk altındaki sıcaklık.

Bu sıcaklıklar; 0 derece, 32 derece ve 96 derece olarak tanımlanmıştır. 96 sayısı, Fahrenheit'in her Newton derecesini sekiz kez daha bölmesi dışında, Newton'un 12 bölümünü yansıtmaktadır. Daha sonra Fahrenheit, suyun kaynama noktasının 212 derecede, donma noktasının tam olarak 180 derece üzerinde olması için bu ölçeği değiştirmiştir. Böylece vücut sıcaklığı 98.6° Fahrenheit değerine gelmiştir. Bu ölçek bugün hala Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılmaktadır.

Bu gün kullanılan ölçek, donma noktasını 0 dereceye ve kaynama noktasını 100 dereceye ayarlayan İsveçli astronom Aulus Cornelius CELSIUS'a (1701-1744) kadar uzanmaktadır; bu yüzden Celsius da "geriye doğru" saymıştır.

Uppsala Gözlemevi'nin müdürü olarak halefi Märten STRÖMER'e (1707-1770) kadar sayım yönü tersine çevrilmemiştir. Bunun dayanağı, gözlemevinin günlük hava gözlemlerini yayınlamış olmasıdır. Bu gün, dünyada aşına olunan "Santigrat" ölçeğinin başlangıç tarihini Celsius'un ölümünden altı yıl sonrası olan 13 Nisan 1750 tarihi işaret etmektedir.

Sağlanan bilgilerden, Celsius ve Fahrenheit ölçeklerinde C ve F ölçüleri arasındaki dönüşüm, aşağıdaki eşitlik üzerinden belirlenmektedir.

$$C = 5/9 (F-32) \quad (7)$$

### 3. BASINÇ ve BAROMETRİK BASINCIN TARİHÇESİ, BASINÇ BİRİMLERİ

Evangelista TORRICELLI (1608-1647) Galileo'nun işbirlikçisiydi ve Torricelli'yi bir su kaldırma pompasının çalışmasını araştırmak için görevlendirdi. Şekil \* böyle bir pompanın prensip taslağını göstermektedir. Piston kaldırıldığında, pistonun altındaki su da onunla birlikte kaldırılır. Bu, o zamanlar doğanın "koruk boşluğu" ile açıklandı; çünkü su takip etmeseydi, şişenin altında bir vakum olacağı açıktır.

Bununla birlikte, bir su sütunu bu şekilde yaklaşık 10 m'den fazla kaldırılamaz ve daha fazla kaldırma ile aslında pistonun altında bir vakum oluşturulur. Toricelli bu gözlemlerini şöyle açıklıyor: Havanın bir ağırlığı olduğunu ve bu ağırlığın pompanın dışındaki suyun yüzeyinde ağırlaştığını söylüyor. Piston kaldırıldığında, su havanın ağırlığı ile silindire zorlanır ve su basıncı hava basıncına eşit olana kadar yükselir.

### 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Tüm mühendislik uygulamaları madde ile enerji arasında bir etkileşim içermektedir. Dolayısıyla termodinamiği ilgilendirmeyen bir çalışma alanı düşünmek olanaksızdır.

Bu sebeple termodinamik ilkelerinin iyi şekilde öğretilmesi ve uygulayıcıların tasarımlarını bu ilkelere göre yapması sürdürülebilir çevre ile buradaki yaşam için çok önemlidir.

Uygulama örneklerinden bazıları; elektrikli veya gazlı fırın, düdüklü tencere, su ısıtıcısı, ütü, bilgisayar, televizyon veya video seti şeklinde adlandırılabilir. Bunların yanında, otomobil motorları, termik ve nükleer güç santralleri ile günümüzde sürdürülebilir çevre kapsamında rüzgar, güneş ve jeotermal kaynaklara bağlı kurulan yenilenebilir enerji santralleri sayılabilir.



## KAYNAKLAR

- [1].Kakaç, S.” Termodinamik Biliminin Tarihsel Gelişimi” TESKON 2015, Termodinamik Sempozyumu Çağrılı Bildiri. İzmir, 2015
- [2] J.H.Keenan, thermodynamics, John Wiley & Sons, 1941.
- [3] M. Planck, Treatise on Thermodynamics (Translated by OGG), pp.40-47, Longmans, 1927.
- [4] J.W. Gibbs, Collected Works, Vol. 1, p.51 (footnote), Longmans, 1931.
- [5]. Müller, I., “Grundzüge der Thermodynamik „ISBN 3-540-581 58-8, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1994
- [6] Middleton, W.E.Knowles, "Termometrenin Tarihçesi ve Meteorolojide Kullanımı", Johns Hokins Press, Baltimore, Md. (1966).
- [7] Le Opere de Galileo Galilei, „Ed. Naz.“ Vol. XII, Firenze, Tipografia di G. Barbera 1902.

## ÖZGEÇMİŞ

### Ahmet, CAN, Prof. Dr.-Ing.

Tekirdağ 1953 yılı doğumludur, 1974'te Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi'nden Makine Mühendisi unvanı olarak mezun olmuştur. Almanya Berlin Teknik Üniversitesi Enerji ve Süreç Tekniği Enstitüsü'nden, "Fachbereich Energie-und Verfahrenstechnik" 1982'de "Yüksek Mühendis "Dipl.-Ing." ve 1984'te "Doktor Mühendis "Dr.-Ing." unvanlarını almıştır. Almanya Berlin Teknik Üniversitesi Enerji ve Süreç Tekniği Enstitüsü Ölçme ve Otomatik Kontrol Anabilim Dalında 1981-1984 arası "Araştırma Görevlisi-Wissenschaftlicher Mitarbeiter" olarak çalışmıştır. 1984 Yılında Trakya Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi'nde Yardımcı Doçent, 1989 yılında Doçent ve 1997'de Trakya Üniversitesi'nde 2012'de Türk Alman Üniversitesi'nde, 2014 Yılında İstanbul Arel Üniversitesi'nde ve 2018'de İstanbul Rumeli Üniversitesi'nde Profesör unvanlarını almıştır.

Alman teknolojisinin ve standartlarının başlangıcından günümüze gelişme sürecinin de bir göstergesi Dünya'da HÜTTE **Grundlagen der Ingenieurwissenschaften** ismi ile ünlenmiş kitap bu güne kadar 10 farklı dile çevrilmiştir. Profesör Can, **HÜTTE – MÜHENDİSLİK BİLİMİ**, kitabının çeviri yazarıdır, Literatur Yayınevi, ISBN 978-975-04-04658. [www.literatur.com.tr](http://www.literatur.com.tr), İstanbul, Haziran 2010. Almanca 32.nci Baskısından "**HÜTTE Grundlagen der Ingenieurwissenschaften**"ın, 1600 Sayfa HÜTTE Uluslararası Çevirilerinin 11.nci Dili Türkçe diline çevirisini yapmıştır ve kendisi Almanya Internationes Bonn tarafından ödüllendirilmiştir.

Profesör Can'ın Ulusal ve uluslararası 170'in üzerinde makalesi ve bildirisi yayınlanmıştır.



# EKOLOJİ ÜZERİNE FAZ İLE İLGİLİ MATERYALLER

Stefan KARTUNOV<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup> Em. Prof. Dr-Ing., skartunov@abv.bg ORCID: 0000-0001-7709-9369.

## ABSTRACT

The report examines the classification of phase-coupled materials, the technological processes for the production of phase-coupled materials, optical fibers from them and their application in various fields with an emphasis on ecology.

**Keywords:** Phase Coupled Material, optical fibers, ecology

## ÖZET

Bildiri, faz bağlantılı malzemelerin sınıflandırılmasını, faz bağlantılı malzemelerin üretimi için teknolojik süreçleri, bunlardan optik fiberleri ve bunların çeşitli alanlardaki uygulamalarını ekolojiye vurgu yaparak incelemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Faz Bağlantılı Malzeme, optik fiberler, ekoloji

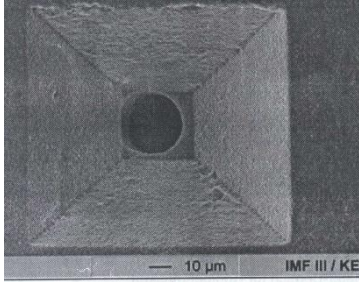
## 1 SINIFLANDIRMA VE FİZİKSEL ÖZELLİKLER

Bağlayıcı malzemeler ikiye ayrılır:

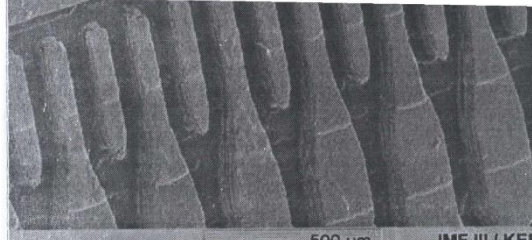
- Tek tek katmanları bağlamak için (bimetalik çiftler, yaylar);
- Farklı malzemelerin parçacıkları arasındaki bağlantı için (toz metalurjisi, elementlerden ve bileşiklerden elektrik kontaktları Ag / CdO, Ag / SnO<sub>2</sub>, Ag / ZnO, sinterlenmiş mıknatıslar, manyetosensitif düz elemanlar, nozullar, sel dağıtıcıları ve yapay şekillendirilmiş yapıda metalik ve metalik olmayan bileşenlerin bağlantısı - çoğaltma ve baskı ekipmanı ve kontrol ızgaraları için tonerler - Şekil 1, [1];
- Münferit parçaların bağlanması için (yüksek erime noktasına sahip sinterlenmiş malzemelerin elektrik kontaktlarında düşük erime noktasına sahip metallerle sızması, örneğin Wo-Cu, WoC-Ag, WoC-Cu, Wo-Ag kombinasyonlarından);
- Faz bağı için, bunlar da alt bölümlere ayrılır: metalik bileşikler (Fe, Ni, Wo, çelik), metalik olmayan inorganik (Br, SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, cam) ve organik bileşikler (yapay karbon bazlı malzemeler, selüloz), karışık yapıya sahip malzemeler (metaller, seramikler ve grafit ve epoksi gibi organik maddeler) ve hibrit kompozitler (nanotüplerle veya SiC kumaş ve katmanlı silikatlarla güçlendirilmiş organik ve karbon fiberler) (Şekil 2), [2].

Faz bağı malzemelerin özellikleri, spesifik kombinasyonun özelliklerine ve yapılarına bağlıdır. Birincisi, tek tek bileşenlerin ve parçanın (ürünün) özellikleri özetlenir. Tablo 1, en önemli malzemelerin parametrelerini göstermektedir.

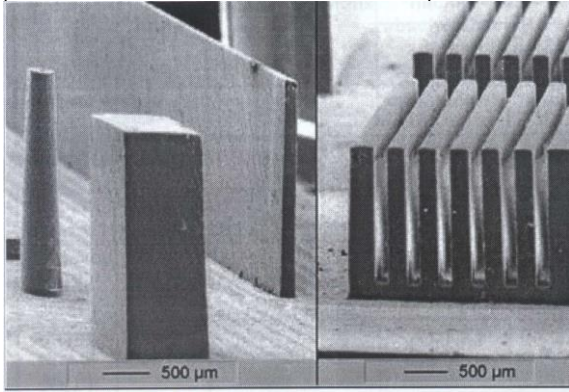
Dünyayı ve ülkemizi etkileyen küresel iklim değişikliği Enerji verimliliği mevzuatında yapılan son değişiklik ile belirli büyüklükteki yeni binalarda yenilenebilir enerji kullanımı zorunlu hale getirilmiştir.



a)



b)

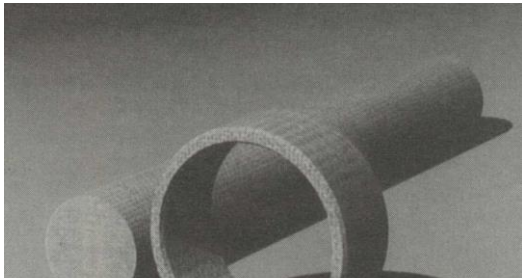


c)

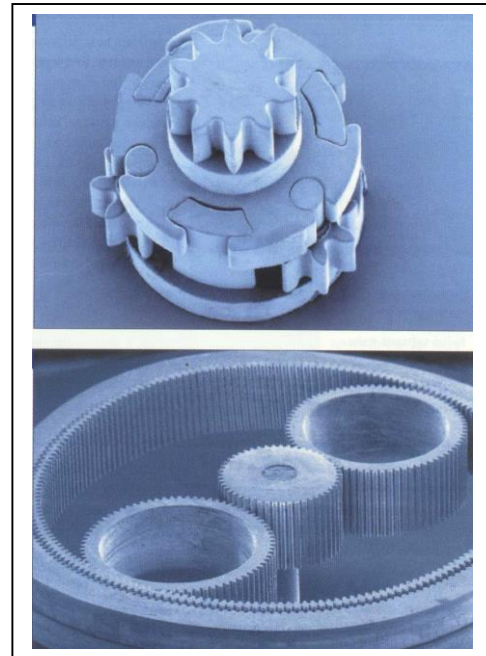
**Şekil 1.** Zirkonya nozulu, alümina sıvı dağıtıcısı ve Yüksek En Boy Oranlı Zirkonya-Alümina Mikro Yapıları



a)



b)



c)

**Şekil 2.** Çelik ve bronzdan (sol üstte), fenolik reçineden (solda) sinterlenmiş detaylar, ROM'dan planet dişli ve metal kompozit NiFe'den mikroharmonik dişli ve MoSi<sub>2</sub> tozu, [3]



Tablo 1. Faz bağlı malzemelerin parametreleri,[3].

Malzeme	Yoğunluk, g/cm <sup>3</sup>	Çekme mukavemeti (eğilme), N/mm <sup>2</sup>	Elastiklik modülü, N/mm <sup>2</sup>
Paspas şeklinde tuval	1,45	160	12500
Üç boyutlu bir yapıya sahip tuval	1,72	268	22000
Çok katmanlı yapıya sahip tuval	1,93	526	33000
Cam fazer (S-cam)	2,50	3100	88000
Aramid elyafı	1,0 - 1,4	3600	130000
Standart karbür	1,80	3500	220000
Özel karbür	1,80	5600	300000 - 500000
Bor ve silisyum karbür	2,00 - 3,00	3500	400000
Borosilikat cam	2,31	-	64000
Özellikle borosilikat cam	2,28	-	64000
Elektrikli cam	2,25	-	68000
Seramikler (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ).	3,99	500	380000
Kevlar.	-	3,6-3,8 GPa	0,06-0,18 TPa

Faz ile ilgili malzemelerin karıştırılması kuralı, yeni kompozit malzemede elde edilmesi gereken gerekli elastisite  $E_c$  modülüne dayanmaktadır. Malzemenin ve kafesin saf elastik deformasyonu ile  $E_c$  modülü aşağıdaki formülle belirlenir:

$$V_c E_c = E_F V_F + E_M V_M, \quad (1)$$

burada  $V_c$ , faz bağlı kompozitin hacim içeriğidir, %;  $E_F$  - birinci, bağlantı bileşeninin elastisite modülü, N/mm<sup>2</sup>;  $V_F$  - ilk bileşenin hacim içeriği,%.  $E_M$  - saniyenin elastisite modülü, temel bileşen, N/mm<sup>2</sup>;  $V_M$  - ikinci bileşenin birim içeriği, %.

### 1.1 Örnek:

$E_{Ag} = 75000$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_{steel} = 180000$  N/mm<sup>2</sup>,  $E_c = 130000$  N/mm<sup>2</sup> çeliğin %36 hacim içeriğinde. Izgaranın plastik deformasyonu ve eklemnin elastik deformasyonu ile, faza bağlı malzeme  $E_{CB}$  'nin elastisite modülü aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$E_{CB} = E_F \cdot V_F + d \sigma_M / d E_M \cdot V_M. \quad (2)$$

Yeni kompozit her zaman belirli bir hacimde bağlayıcı (fazer) içermelidir. Bu değer altında, detay kazancı fazer özelliklerine değil, yalnızca nicel parametrelere bağlıdır. Gerekli fazer  $V_{min}$  'in minimum hacmi hesaplanır:

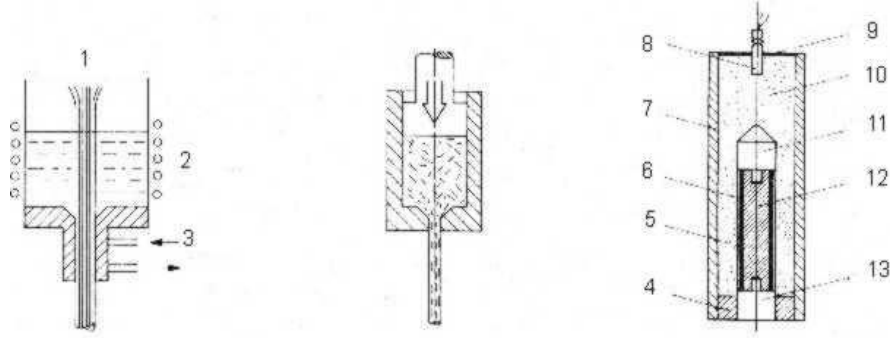
$$V_{min} = (\sigma_{BM} - \sigma_M) / (\sigma_{BF} - \sigma_{BM} - \sigma_M). \quad (3)$$

Tek tek bileşenlerin şeklini, boyutunu ve konumunu belirleyen özellikler, yapının özellikleri olarak kabul edilir, örneğin, InSb-NiSb ötektik karışımından yapılan manyeto-duyarlı elemanlar - manyetodirençler ve Holl elemanları - için manyetodirenç etkisi ve Holl etkisi.

Şekil 3. Hibrit kompozitler – BNT ile güçlendirilmiş organik ve karbon fiberler ve SiC kumaş ile kombinasyon. Polimer matrisli nanokompozit siteler, bir polimer malzemeden oluşan bir matris ve matris içinde dağılmış ve nano ölçekli boyutlara sahip ikinci bir fazdan (genellikle ağırlıkça %birkaç tane) oluşur. Faz bağlı kumaşlarda tek katmanlı mat, dökme ve çok katmanlı yapı şeklinde farklı örgü türlerine örnekler Şekil 4'te verilmiştir.







Dikey Sızma yöntem

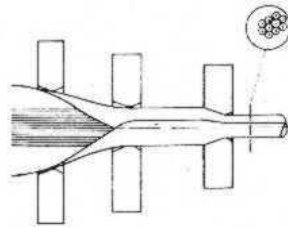
haddelenmiş faz olarak  
çekme presleri patlayıcı

Güçlendirilmiş gövdenin Kaynağı

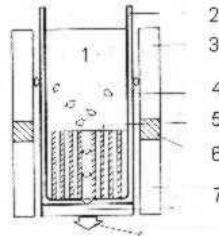
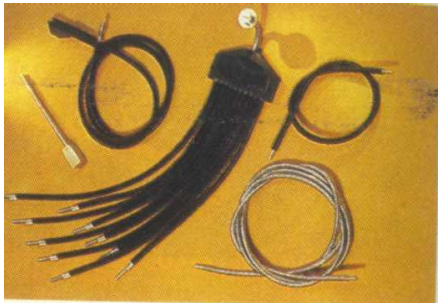
**Şekil 6.** Faz bağlı malzemelerden ışık iletkenlerinin üretimi için işlemler

Açıklama: 1-ışın fazer, 2-eriyik, 3-su, 4-halka sentetik malzeme, 5-folyo-fazer, 6-tüp, 7-tüp sentetik malzeme, 8-kapsül fünye, 9-halka, 10-malzeme, 11-kafa, 12-çekirdek, 13-ref

Faz bağlı malzemelerden ışık kılavuzları üretmenin ikinci doğrudan yöntemi sırayla gerçekleştirilir: ışını endüktif olarak eritilmiş bir yapıdan dikey olarak sızdıktan sonra, düzgün bir yapıya sahip bir malzemeden sürekli bir ışık kılavuzu elde etmek için presleme işlemi uygulanır. Faz bağlı malzemelerle güçlendirilmiş içi boş parçalar, patlayıcı kaynakla birleştirilebilir. Şekil 7, ışık kılavuzu üretim yönteminin işlemlerini göstermektedir ve sağda optik ışık kılavuzları ve fiber optik ışık kabloları örnekleri bulunmaktadır [9].



ortak bir manto ile filamentlerin deformasyonu



**Şekil 7.** Faz bağlı bir malzeme demetinin geri çekilmesi ve katılaşması

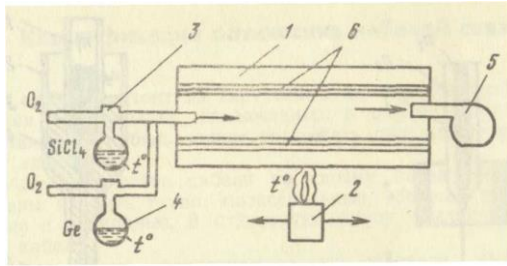
Açıklama: 1-eriyik, 2-pota, 3-ısıtma, 4-akış, katıda 5-faz mesafesi d, 6-izolasyon, 7-soğutma

Dolaylı yöntem, ortak bir kılıfa (demetler) sarılmış ipliklerin şeklini değiştirmek için tasarlanmıştır. Demetin kendisinin üretimi, ötektik karışımın hedeflenen sertleştirilmesiyle yapılır. Katılama ve nozullardan çekme mekanizması Şekil 7'de verilmiştir.

### 3. Kısa fiberli faz bağlı malzemelerden optik fiberlerin üretimi için teknolojik süreçler

Bunları elde etmek için teknolojik süreç işlemlerden oluşur (Şekil 8):

- gaz ortamında ayırma;
- metal halojenürlerin azaltılması;
- elektrolitik biriktirme.



Şekil 8. Gaz fazında kimyasal çökeltme

Açıklama: 1-destek tüpü, 2-ısıtıcı, 3-klorlu kuvars, 4-germanyum, 5-emiş, 6-çökeltmiş yatak  
Bir metal halojenürün indirgenmesi (ikamesi) örneği: kimyasal bağlanmadan sonra, halojenür 400° ile 900° C arasındaki bir sıcaklıkta buharlaştırılır ve oksijenli bir gaz ortamında indirgenir. Elde edilen metal, reaktör odasının duvarında yoğunlaşır, çöker ve toplanabilir. Çift optik kılıflı ve yaklaşık 1.3 µm 'lik bir dağılıma sahip W-tipi optik fiberler elde edilir [10, 11].

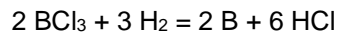
### 3. 1. İnce optik fiberlerin üretimi

Işık kılavuzları ve dalga kılavuzları için ince, sürekli fiberlerin üretimi için teknolojik süreç şu işlemleri içerir:

- katı halde plastik deformasyon;
- kimyasal tepkime;
- Sıvı halde deformasyon.

Katı haldeki deformasyon, genellikle özel literatürde "Brunswick" yöntemi olarak adlandırılan nozullar aracılığıyla geleneksel çekme yöntemiyle gerçekleştirilir [12]. Çekilen elyafın elde edilen minimum çapı, hedef malzemenin üstün özellikleri ve çekme geçişleri ile belirlenir ve 5 µm'ye ulaşır. Kararmayı gidermek için, lif bir sıvının içinden yuvarlanır. Şekil 9, katı halde plastik deformasyon prensibini göstermektedir.

Faz bağlı bor bazlı bir kompozitten sürekli liflerin üretiminde kimyasal reaksiyon için bir ön koşul, tungsten liflerinin desteklenmesi ve bunların elektriksel direnç tarzında 1100 °C'lik bir sıcaklığa ısıtılmasıdır. Reaksiyon, bir hidrojen ortamında borun termal olarak ikame edilmesidir ve genellikle aşağıdaki formüle göre kimyasal reaksiyon (CVD yöntemi) olarak adlandırılır:



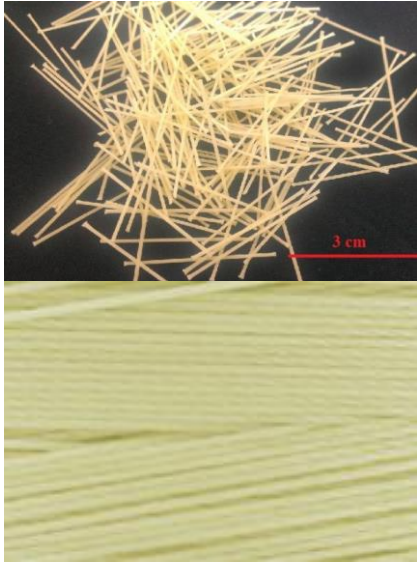
(6)



#### 4. Ek.

Faz bağlı kompozitler, süper iletken parçalarda (bakırda NbTi, NbZr, Nb<sub>3</sub>Sn, taşıyıcı yapılarda) malzeme olarak ve uçak-roket yapımında, hafif ve koruyucu yapılarda, spor ekipmanlarında takviye malzemeleri olarak uygulanır. Faz bağlı malzemelerden kontakların üretimi, malzemedeki nikel yüzdesine bağlı olarak preslerde veya çekiçlerde plastik deformasyon ile gerçekleştirilir (Ag-Ni 20, Nimonic 80A, vb.). Şekil 12, her iki varyantta da (preslerde - solda) iş sıralarını ve malzemenin deformasyonunu göstermektedir.

Özellikle, 1900 yılında Avusturyalı L. Hacek tarafından keşfedilen asbestli çimento kompoziti (eternit), eternit boruların üretiminde özellikle şiddetli bir şekilde uygulandı, ancak kanserojenliği nedeniyle durduruldu ve yerini Poliakrilonitril, beton (beton) ve diğerleri ile karıştırmak için Fibrix temelinde üretilen Dolanit (Hoechst AG Almanya şirketi) ve Kuralon (Kuraray Japonya şirketi) gibi malzemelerle değiştirdi. Bununla birlikte, asbestin tamamen değiştirilmesi imkansız kalmaktadır. KURALON™, birçok endüstriyel uygulamada kullanılan polivinil alkolden (PVOH) yapılmış sentetik bir elyaftır [18]. DOLANIT® - Poliakrilonitril Kopolimer %6 metil akrilat içerir ve uygun çözücüler DMF, DMAc, DMSO'dur, iyi asit ve alkali direncinin yanı sıra 125°C'ye kadar mükemmel hidroliz direnci sağlar ve uygulaması borular, fayanslar ve diğerleri içindir [19].



Şekil 12. Kuralon, Fibrix ve Dolanit .

Faz bağlı kompozitler, otomotiv endüstrisinde debriyaj ve fren balatalarının üretiminde, ayrıca saksılar ve çeşitli kaplar için evlerde de kullanılmaktadır. Sağdaki Şekil 13'te, türbin kanatları, arabalardaki tahrik detayları ve kapatma mekanizmaları gibi aşınmaya dayanıklı mikro yapılara örnekler verilmiştir. Kevlar-29 ve Rayon kompozitleri çok popülerdir ve bu da istenen uzunlukta kumaş üretmeyi mümkün kılar. Rayon, ahşap ve ilgili tarım ürünleri gibi doğal rejenere selüloz kaynaklarından üretilen yarı sentetik bir elyaftır (viskon) [20].

Şu anda, "fizyolojik" özelliklere sahip faz bağlı kompozitler, tıpta ve biyoteknolojide, çeşitli amaçlar için kombine optoelektronik mikro sistemlerde, yapay zeka için sinir ağlarında vb. Uygulanmaktadır.







## LITERATURE

- [1]. [www.fzk.de](http://www.fzk.de). Prototypenfertigung von keramischen Mikrobauteilen (in Deutsch), 2023
- [2]. VDI-Z, Integrierte Produktion, Special Antriebstechnik, Düsseldorf, 1995-2001, (in Deutsch)
- [3] Къртунов С., Технологични основи в мехатрониката, микро- и наносистемната техника, Габрово, Mekatronik, mikro ve nanosistem teknolojisinin teknolojik temelleri, УИ „В. Априлов”, 2012 година, ISBN 978-954-683-482-9, с.383, COBISS.BG-ID – 1259450340, (in Bulgarian)
- [4] Guy, Metallkunde für Ingenieure, Akad. Verlagsanstalt, 1999, (in Deutsch)
- [5] Schott Glaslexikon, München, Moderne Verlag, 1980, (in Deutsch)
- [6] Ehrenstein G, Faserverbundkunststoffe, Leipzig, Fachbuchverlag, 1992, (in Deutsch)
- [7] Michaeli W., Wegener M., Einführung in die Technologie der Faserverbundwerkstoffe, Leipzig, Fachbuchverlag, 1989, (in Deutsch)
- [8] Kohlenstoff - u. aramidfaserverstärkte Kunststoffe, VDI Verlag, 1998, (in Deutsch)
- [9] Neitzel M., Breuer U., Verarbeitungstechnik der Faser-Kunststoffverbunde, Leipzig, Fachbuchverlag, 1997, (in Deutsch)
- [10] Вайсмантел Х., С. Къртунов, Съвременни методи за обработване на детайли и електронни елементи от уредостроенето и микротехниката, Alet уарымынын ve mikrotekniklerin ayrıntılarını ve elektronik elemanlarını işlemek için modern yöntemler, Габрово, ИК Колонел, 2000, (in Bulgarian)
- [11] Michaeli W., Huybrechts D., Wegener M., Dimensionieren mit Faserverbundwerkstoffen, Leipzig, Fachbuchverlag, 1995, (in Deutsch)
- [12] Проспектни материали на фирма 3D-System GmbH, Şirket izahnamesi, Darmstadt-Arheilgen, 1999, (in Deutsch)
- [13] Проспектни материали на фирмата Messer Schweisstechnik, Şirket izahnamesi, Griesheim, 1998, (in Deutsch)
- [14]. Donges A., Physikalische Grundlagen der Lasertechnik, Hüting Verlag, Heidelberg, 1988, (in Deutsch)
- [15] Eversheim W., Hochspannungsenergieverfahren, Aachen, TH Aachen, 1998, (in Deutsch)
- [16] Hügel H., Hochleistungslaser in der Fertigungstechnik, Stuttgart, Fertigungstechnischen Kolloquium, 1988, (in Deutsch)
- [17] <https://youtu.be/WyimKWVoRME>, 2023, (in English)
- [18] <https://www.google.com/search?q=Kuralon&source>, 2023, (in English)
- [19] <https://www.knowde.com/stores/dolan/brands/dolanit>, 2023, (in English)
- [20] <https://en.wikipedia.org/wiki/Rayon>, 2023, (in English)

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Her bir bölüm altında özel olarak sonuç ve değerlendirme yapılmıştır.

## ÖZGEÇMİŞ

Prof.Dr. Stefan Kartunov, 13 Mayıs 1956'da Bulgaristan'ın Gabrovo şehrinde doğdu. TMET "D-r Mezunu N. Vasiliadi" ve 1977'den 1982'ye kadar Gabrovo Teknik Üniversitesi'nde "Hassas Mühendislik" dersini takip etti. 1982'den 1988'e kadar Gabrovo Enstitüsü "Mekatronik" te teknoloji uzmanı ve önde gelen teknoloji uzmanı olarak çalıştı. Doktora derecesi, 1992 yılında Sofya Teknik Üniversitesi'nde "Teknolojik süreçlerin yardımcı tasarımı" konulu tezini başarıyla savunmuştur. 2000 yılında "Üretim Teknolojileri" spesifikasyonunda habilitasyon. Halen "Bilgisayar Destekli Tasarım" TU- Gabrovo alanında profesördür. 20 kitap yayınladı ve 150'den fazla makale ve rapor yayınladı. Araştırma ilgi alanları mikro ve nanoteknolojide CAD/CAM sistemleri ve bunların elemanları için tasarım süreçleridir. 2021'den itibaren emekli profesör, Gabrovo Teknik Üniversitesi, Bulgaristan. 5300 Gabrovo, Str. Hadji Dimitar 4, [skartunov@abv.bg](mailto:skartunov@abv.bg).



## Türkiye ve İnovasyon - Yanılgılar ve Gerçekler

Osman Çakmak\*

\*Prof. Dr., İstanbul Rumeli Üniversitesi

e-posta: osman.cakmak@rumeli.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9293-5572>

### ÖZET

İnovasyon, yeni bilginin üretilmesi, var olan bilginin farklı şekillerde bir araya getirilmesi ya da bilginin ekonomik olarak kâr getirici ürün ve süreçlere dönüştürülmesi anlamında kullanılmaktadır. Türkiye’de teknolojik inovasyon için de bilim ve teknoloji geliştirmek için büyük bir potansiyel bulunmaktadır. Ne varki bu potansiyel inovasyon için yeterince kullanışlı hale getirilememektedir. Bu çalışmada, Türkiye’nin inovasyondaki temel yanılgıları ve çözüm yolları gündeme taşınmaktadır. Bu çerçevede, inovasyon anlayışını güçlendirmek için bilginin kullanılması ve üretilmesine dayalı eğitim tartışılmaktadır; ülkemizde üniversite - sanayi işbirliğini zorunlu kılacak; bilim ve araştırma hedeflerinin hayata geçirilmesi konusu ele alınmaktadır. Buluş temelli ekonomiye geçilmesi ve yerli üretimi korumak için ihtiyaç duyulan tedbirler ve sistemler gündeme getirilmektedir. İsrafsız ve çevreci üretim, yenilenebilirlik, sade ve doğal hayat, insan mutluluğu ve konfor gibi çağımızda öne çıkan inovasyon hedefleri yerine niçin rant ve tüketim ekonomisi ağırlık basmaktadır sorusuna cevap aranmıştır. Bu soruya cevap olarak, mesleki hayatın ahlaki, kültürel ve felsefi temellere oturması için gerekli eğitim yapı ve anlayışı gündeme getirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İnovasyon, yenilik, buluş, ekonomi, eğitim, teknoloji transferi, üniversite-sanayi işbirliği

### 1. GİRİŞ

Bilim - teknoloji dünyasının gözde sözcüklerinden birisi inovasyondur. İngilizcede "innovation" olarak kullanılan inovasyon kavramının Türkçe sözlükte karşılığının yenilik, yenileşim (TDK) olarak verilmektedir.

Ancak ne var ki bu kelimelerin yaptığı çağrışımlar inovasyonu, ne kavramsal boyutuyla ne de içerik itibarıyla karşılamıyor. Çünkü inovasyon; 'yenilik'ten öte; yeniliğin hayata yansımalarını ifade eder. Osmanlıcada hem bir süreci hem de bir sonucu ifade eden yenilik ve icad anlamına gelen "İhtira" kelimesinin inovasyon değil patent için daha uygun bir karşılık olduğunu söyleyebiliriz.

Türkçede bazı metinlerde rastladığımız "yenileşim" kavramıyla sadece bir yönüyle örtüşmektedir. İnovasyon birçok faaliyetten oluştuğu için yönetilmesi ihtiyacı vardır. Bundan dolayı "İnovasyon Yönetimi" kavramı anlamlı durmaktadır. İnovasyon süreç olması yönüyle Ar-Ge ye benzerse de yöntem yönü ile ayrışır. Ar-Ge’de sistematik ve yöntemi önceden tanımlı ve bellidir. Genelde bilimsel meşruiyeti olan araçların kullanımı zordur. Ancak zorunluyseniz inovasyon sürecinde böyle bir zorunluluk olduğunu söyleyemeyiz.

İnovasyon odaklı faaliyetlerin arttığının göstergeleri vardır. İnovasyon sürekli kılınırsa rekabet güçlerinde artma olur ve bu ekonomi ve teknolojide daha güçlü hale geldiğinizi ifade eder. Endüstriyel işsizlik oranı azalır; kişi başına düşen milli gelir artar ve buna paralel olarak toplumun refah seviyesinde yükselme olur.. Nitekim günümüzde gerek firmaların gerek ülkelerin yoğun rekabet ortamında ayakta kalabilmelerinin önemli bir şartı, inovasyon kabiliyetlerinin geliştirilmesine bağlıdır. Mikro düzeyde firmalar, makro düzeyde ise ülkeler inovasyon kabiliyetlerini geliştiriyorlarsa rekabet güçleri artacaktır. Sonuç olarak firmaların inovasyon konusundaki performansları, ülkelerin inovasyon performanslarını doğrudan etkilemektedir [1].

İnovasyon, yeni bir bilginin üretilmesi, var olan bilginin farklı şekillerde bir araya getirilmesi ya da bilginin ekonomik olarak kâr getirici ürün ve süreçlere dönüştürülmesi ile yakından ilişkilidir. Bir ülkenin ulusal ve bölgesel inovasyon sistemleri vardır. Bu sistemler rekabet gücünü artırarak bölgesel ve ulusal kalkınmaya çok önemli katkılar yapar. Bu süreçte en başta rol alan üniversite-sanayi işbirlikleridir. Ar-



Ge kurumları ve enstitüler bu işbirliğinde önemli rol oynarlar. Keza teknokentler ve teknoparklar, inovasyon aktarma merkezleri ve kalkınma ajansları da bu süreçte ileri derecede role sahiptir. İleri derecede inovasyon yeteneği ve etkin bir ulusal inovasyon sistemini oluşturan ülkeler kolayca sürdürülebilir bir iktisadi kalkınma sürecine girerler. Ülkenin temel rekabet gücü artar. Bu noktada; Ar-Ge faaliyetlerine yatırımlara devam etmesi ve insan kaynaklarının varlığı önem arz eder. Bunlar da yetmez. Girişimciliği destekleme noktasında finansmana erişime kolaylık sağlanmalı ve risk sermayeniz yeterli olmalıdır. Keza, fikri mülkiyet hakları korunmalı, teknolojik faaliyetlerin ve endüstriyel kümelenmelerin önü açık olmalıdır [2].

Kalıcı bir teknoloji performansı kazanılmasında, ithal teknoloji, hiç bir biçimde, ülkenin kendisinin, sağlam bilim temeli ile üretilen belirli bir inovasyon kapasitesinin yerini tutamamaktadır. Toplumun inovasyon kapasitesi yaparak/uygulayarak ve araştırarak öğrenme yoluyla, know-how'un benimsenmesi ile gelişir. Buna göre ülkemizde teste dayalı bilgi yüklemeyi ve sınavı öne çıkaran eğitim yapısı, inovasyon anlayışının toplumda yerleşmesine engel teşkil etmektedir. Çünkü inovasyon anlayışını toplumda keşfe dayalı ve buluş temelli eğitim ortamlarları ile inkişaf ettirebiliriz. Bilinenin tekrarlandığı eğitim ortamlarında yenilikçi ve buluşçu, girişimci gençlerin çıkması mümkün değildir. Bu sebeple bu kavramın ülkemiz eğitim müfredat ve konuları içinde yerini alması ve iyi anlaşılmasının hayati önemi olduğu kanaatindeyiz. Gerek bu önemin yeterince takdir edilmemesi ve gerekse de inovasyon kavramındaki belirsizlik ve karmaşa bizi bu makalenin hazırlanmasına sevk etmiştir. Bu çalışmada 'niçin yeterince yenilikçi ve üretken olmadık?' sorusuna cevap aranmakta; bu amaçla inovasyon konusunda ülkemizde var olan yanlışlar ve yanlış kanaatler irdelenmektedir.

"Türkiye'de İnovasyon Ölçümüne Yönelik Bir Değerlendirme" başlıklı bir çalışmada (Atik ve Elverdi, 2020) Türkiye literatüründe yer alan inovasyon ölçümleri kavramsal olarak ele alınmaktadır. Türkiye'de geliştirilen inovasyon ölçümlerine ilişkin bu derleme çalışmasında ülkemizde inovasyon ölçümlerinin 2000'li yıllarda başladığına dikkat çekilmekte, İstanbul Sanayi Odası (İSO), Türkiye İhracatçılar Meclisi (TİM), Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) olmak üzere dört önemli kurumun faaliyetlerinden bahsedilmektedir [3].

## 2. İNOVASYON NEDİR NE DEĞİLDİR?

Eski Yazarlar birliği başkanı Mehmet Doğan başlıklı yazısına şu şekilde giriş yapıyor: "İnovasyon" ne zaman sık kullanılan kelimeler arasına girdi? Yeniliğe meraklıyız ya, hemen kaptık! Bu adla toplantılar, fuarlar yapılıyor. Başbakanımız da bu fuarlardan birinin kapanışında bulunmuş. "İnovasyon değil, 'uygulamalı buluş' diyelim" demiş."

Mehmet Doğan yazısında konuyla alakalı terimlerin lügatlerdeki anlamlarını ve geçen zaman içinde uğradığı anlam değişikliklerini verdikten sonra yazısını şöyle bitiriyor:

"Türkiye'de bu işlerle uğraşan bir kurum var: Patent Enstitüsü. Patent Enstitüsü'nün cediti olan kuruluşun temeli 1870'lerde, Sultan Aziz devrinde atılmış. Kurumun Site'sini şöyle bir dolaşırken, zihnimizde kurumun görevleri arasında sayılan "buluşların kullanımını takip etmek" cümlesi dikkatimizi çekiyor. Bu sitede ne ihtira, ne icat, ne ibda ve ne de keşif kelimesine rastlayamıyoruz. "Buluş" dışında, bir de "sınaî mülkiyet" kavramı dikkatimizi çekiyor. Türkiye'de sınaî mülkiyet hakları bu kurumdan soruluyor. Elimizde üç kavram kaldı gibi: Buluş, patent ve sınaî haklar. Patent, imtiyaz, ihtira beratı demekmiş. Sınaî haklar ise patent hakları..."

Türkiye gibi icad fukarası bir ülkede bu kadar çok kelimeye neden ihtiyaç olsun? İcat desen "ibda"nın hatırı kalır! İbda desen, "hangi ibda" diyen çıkabilir. Buluş desen, keşif ne olacak? En iyisi gâvurcasını söyleyelim olsun bitsin!"[4]

İhtira Osmanlıcada hem bir süreci hem de bir sonucu ifade ettiği halde inovasyon anlamında kullanamayız. Yeni makine/cihaz üretimi veya yeni metot ve tasarım anlamında bir yeniliktir ve patente karşılık geldiğini söyleyebiliriz. "Osmanlı Devleti'nde Patent Uygulaması: İhtira Beratı Kanunu" isimli yüksek lisans tez çalışmasında İhtira Beratı Kanunu'nun tarihsel gelişimi ele alınmaktadır [5].

Değer üreten yeni bir çıktıyla sonuçlanan süreç olduğuna göre inovasyon için dört temel özellik söz konusudur. İnovasyonda "süreç" söz konusudur. Bu sürecin sonunda ortaya bir ürün çıkacaktır. Yani "çıktı"dan söz ediyoruz. Bu "değer üreten" bir çıktı olacak ve "yeni" olmak zorundadır. Burada karıştırılan bir hususun altını çizelim. İnovasyonu her zaman için daha önce hiç olmayan bir şeyin ortaya çıkışı olarak değerlendirmemek gerekir. Farklı alanlarda daha önce eşleşmemiş iki şeyin bir araya getirilmesiyle de pek ala kendini gösterebilir ve genellikle de öyledir.





“Değer üretmeye başlamış” bir çıktı olması konusu daha iyi anlaşılсын diye biraz daha konunun içine girelim. Bu değer sadece “nakdi bir değer” değildir. Sosyal ya da stratejik bir değer de olabilir. İster fiziksel, ister hizmet niteliğinde olsun önemli olan bu değerın girişilen çabaya değer olmasıdır.

Değerden kastımız hedef kitlesi tarafından kabullenilmiş ve yaygınlaşmaya başlamış olmasıdır. Yeni bir süreçte uygulandığı alanda kullanılacaktır. Mesela maliyet düşüşü veya sürecin niteliğinde artış sağlamış olması inovasyon konusu içindedir.

İcat ve buluşta ürünün (çıkıtı) ekonomik bir değere kavuşup kavuşmadığı hususu çok önemli değildir. Önemli olan yeniliğin varlığıdır. Hatta bu yeniliğin fiziksel olması şartı da aranmaz. Patent başvurularında fiziksel olarak gerçekleşme şartı aranmamaktadır. Oysa inovasyon amaçlandığı kullanım sahasında kabul görmüş olmalıdır. Dolayısıyla inovasyonda başarısızlık söz konusu değildir. Ancak icatlar başarısız olabilir [6].

Yukarıda da ifade ettiğimiz gibi inovasyon, kavram olarak, hem bir süreci (yenilemeyi/yenilenmeyi) hem de bir sonucu (yeniliği) anlatır. AB ve OECD literatürü inovasyonun daha çok süreç yönüne vurgu yapar ve genellikle şu tanım kullanılır: “Bir fikri pazarlanabilir bir ürün ya da hizmete, yeni ya da geliştirilmiş bir imalat ya da dağıtım yöntemine ya da yeni bir toplumsal hizmet yöntemine dönüştürme” sürecidir. Bu dönüştürme süreci sonunda “pazarlanabilir, yeni ya da geliştirilmiş ürün, yöntem ya da hizmet” çıkmalıdır. İnovasyon bu yönüyle icat ile yakın anlam taşır. Ancak bu süreçte her zaman yeni bir keşfi ortaya koymaz. Keşfedilene yenilik katılması, farklı alanlarda da yeni yollar açılması da inovasyon içinde değerlendirilir [7].

İnovasyon, “işletme içi uygulamalarda, işyeri organizasyonunda veya dış ilişkilerde yeni veya önemli ölçüde iyileştirilmiş bir ürünün (mal veya hizmet) veya sürecin, yeni bir pazarlama yönteminin ya da yeni bir organizasyonel yöntemin gerçekleştirilmesi” olarak tanımlanmaktadır. Bir inovasyon için temel gereklilik, ürünün, sürecin, pazarlama yönteminin veya organizasyon yönteminin işletme için yeni olmasıdır. Joseph Schumpeter ekonomik kalkınmanın, yeni teknolojilerin eski teknolojilerin yerini aldığını, inovasyon faaliyetleriyle yönlendirdiğini belirtmiş ve inovasyonu “yaratıcı yıkım” olarak ifade etmiştir [8].

İnovasyon üzerine tanımları değişik cepheleri ile gündeme getirdik. Bu tanımlarda dikkatimizi çeken en önemli bir nokta, gerek süreç gerekse sonuç açısından, üretilenin “pazarlanabilirliği” hususudur. İkinci önemli nokta ise dönüşüme konu olan “fikir” üzerinde hiçbir nitelemenin olmamasıdır. Bu fikir, yine pazarlanabilir bir sonuç üretmek kaydıyla, geleneksel teknoloji alanlarıyla da ilgili olabilir, yüksek teknoloji alanlarıyla da. İnovasyon, bilim ve teknolojinin ekonomik ya da toplumsal bir faydaya dönüştürülmesini anlatır.

Bu açıklamalar ışığında konuyu şu şekilde toparlayabiliriz. İnovasyon “bilim ve teknolojinin ekonomik ve toplumsal yarar sağlayacak şekilde yenilenmesidir.” Diğer bir ifade ile bilim ve teknoloji etkinliğinde bir fikrin kuram, eylem ve sonuç bakımından yarara dönüşmesidir; pazarlanabilir, somut bir çıktı haline gelmesidir. İnovasyon basit anlamı bir yenilenmeden ibaret değildir. Yenilenmenin kuramsal aşamasından başlayarak yenilik ürününü de içine alan ve pazarlanabilme niteliğini kabul eden bir süreci içine alır.

Bilindiği gibi tanımlamalar iki temel işleve sahiptir. Bu iki işlevi eskiler “etrâfını câmi, ağyârını mâni” ifadesiyle formülüle ederler. Yani tanımlamalar hem kavramın tüm temel özelliklerini bünyesinde toplamalı hem de benzer kavramlardan onu ayırabilmelidir. Bu açıklamalarımızla konunun etrafını cami ağyârını mâni tarifin gerçekleştiğine inanıyoruz. Ancak konunun buluştan farkının ne olduğunun aydınlatılması için daha ileri açıklamalara ihtiyacı bulunmaktadır.

## 2.1 İnovasyon Buluş mudur?

İnovasyon bir buluş gibi anlaşılmalıdır. İnovasyonu buluştan ayıran en iyi örneklerden birisi Singer dikiş makinesinin gelişiminde görürüz. Belki de Isaac Singer’in dikiş makinesini icat eden ve dolayısıyla adını veren kişi olduğunu düşünüyorsunuz. Dikiş makinesinin mucidi Bostonlu Elias Howe’dur (1846 yılı). Ama ne var ki Howe, icadını inovasyona dönüştüremedi. Bu yüzden de hem icat ettiği makineye adını vermeyi hem de bundan milyarlarca dolar kazanma şansını kaybetti. Bu işi Singer başardı. Singer dünyanın her tarafında dikiş makinası denince akla gelen marka ve isim olmasını Howe’un icadını uygulamaya, toplumsal faydaya dönüştürmesinden elde etti. Singer, Howe’un dikiş makinası için aldığı patentten yararlandı.

İcatlar ve patentler inovasyon için büyük fırsat sunar. İnovasyonlar için patentler en önemli ipucu ve çıkış noktalarını teşkil eder. Girişimciler, yeni ürün, üretim ve yönetim geliştirerek rekabet gücünü korumak





istediklerinden sürekli kendi alanlarındaki patentleri izler ve incelerler. Bunun için de Araştırma Geliştirme (AR-GE) çalışmalarını öncelik ve önem verirler. Girişimciler sürekli inovasyon peşindedirler. Onlardan beklenen icat değil, inovasyon yapmalarıdır. Girişimciler için önemli olan patent ve icatların toplumsal faydaya dönüştürülmesidir. Bunun en önemli yolu AR-GE çalışmaları ve üniversite –sanayi iş birliğidir. Sanayici ancak bu şekilde pazar payı ve kârlılığını artırıp rekâbet gücünü yükseltebilir.

### 2.3 İnovasyon Üzerine Yanılgılar

Güç ve zenginlik büyük fabrikalara ve makinalara sahip olmanız, üretim ve kapasite, işinizi büyütmeniz değildir. Halbuki Türk sermayesinin en çok yatırım yaptığı alan makine olmaktadır. Oysa yeni anlayış, kendini olabildiğince makinelerden ve üretimden arındırıp, asıl değer teşkil eden şeylere, manevi ve insani değerlerin dikkate alındığı verimli ve doğal üretime odaklanılmaktadır. Yeni anlayışta insanın hizmetinde teknoloji için inovasyon öne çıkmakta, israfsızlık, verimlilik, sade ve doğal hayat öne çıkmaktadır. Bu yüzden yeni anlayış, makinelerin kaç parça iş çıkardığıyla değil, makinelerin ne kadar değer ürettiği ile ilgileniyor.

Türk şirketleri ise hâlâ bitmek bilmez bir iştahla makinelere yatırım yapmaya devam etmektedir. Şüphesiz bu anlayış ise ülkemizi bir teknoloji çöplüğü haline getiriyor. Sanayicimiz, “Endüstri Tasarımı” gibi AR-GE’ konularını da doğru anlamadığını görüyoruz. Bir tane dahi patent alamadan, üretimini yabancı patentlere lisans ücreti ödeyerek yapılmasını AR-GE zannediyor. Çoğu kurumlar AR-GE birimi kurdu ama farklı kaynaklardan satın alınan malzemeleri kullanmanın AR-GE olmadığını fark edemedi. Ucuz işçi ile ucuz işçilik farkını da kavrayamadı. İşçi verimliliğini artırarak maliyet azaltılabileceğini zannetti. “Değer Analizi”, “Lojistik Mühendisliği” gibi mesleklerle henüz tanışmış değil. İhracatı lisansörünün kendisi için kârsız gördüğü pazarlara ancak izinle yapabilmektedir. Politikacılarımız inovasyonu “parasını ödeyerek dışarıdan teknoloji transferi” olarak anılmaktadır [9]. Almanya’da bir bursla (Alexander von Humboldt bursu) 2 yıla yakın araştırma yapan birisi olarak oradaki gözlemlerim ışığında bir konuyu ele almak istiyorum. Almanya’da kimya lisans mezunu öğrencileri bölüme yüksek puanla kayıt olurlar. Mezunların büyük bir çoğunluğu doktora programına kayıt olur. Doktoralı elemanların çoğu Ar-Ge çalışması için sektörde iş bulurlar. Biz de ise son yıllarda fizik ve biyoloji bölümleri gibi kimya bölümleri kapandı ya da öğrenci bulamaz oldu. Orada bir Siemens fabrikasını ziyaretimizde 40 bin kadar AR-GE personeli bulunduğunu ve bunun yarısının doktoralı olduğunu öğrendim.

Kimya lisans mezunlarından kaç kişi ARGE için doktora yapıyor ve AR-GE çalışanı olarak iş buluyor? Bu gözlemler, ülkemizde temel bilimdeki yanlış anlayışı ve uygulamayı göstermektedir [10].

TÜBİTAK dışında ciddi bir araştırma merkezi ve laboratuvarların bulunmamasını nasıl açıklayabiliriz?. Halbuki orta ölçekte üretim yapan her şirketin bir AR-GE birimi olması gerekir ve bilginin üniversite ve araştırma merkezlerinden şirketlere akabilmesi için kümeler kurulması lazımdır.

### 3. ULUSAL İNOVASYON SİSTEMİ

İnovasyon kendi başına ayrı bir etkinlik değildir. Bilim ve teknoloji etkinliğinin tüm süreçlerini kapsayan bir hadisedir. Bu kadar geniş bir kuram, eylem ve çıktı süreçlerini içine alan etkinliğin her ülkenin, her bilimsel araştırma alanının, her sanayi ünitesinin kendi özelliklerine göre oluşturması beklenir. Ülkeler milli önceliklerine göre kendi inovasyon stratejilerini çiziyorlar. İktidar, beyin gücü, üniversite, planlama, imkânlar, sanayi, teknoloji, endüstri ve piyasa gibi tüm elemanlar inovasyonun içinde yer alan kısımlardır. İnovasyon etkinliğinin yürüyebilmesi için öncelikle toplumun her kesiminin ve iktidar gücünün olayı benimsemesi ve desteklemesi gerekir.

Burada üzerinde önemle duracağımız bir diğer konu ise Ulusal İnovasyon Sistemidir. Hem bilim ve teknolojiyi üretmede hem de bilim ve teknolojiyi hızla ekonomik ve toplumsal bir faydaya dönüştürmede yetkinleşmenin altyapısını Ulusal İnovasyon Sistemi oluşturur.

Ülkenin kendisinin, sağlam bir bilim temeli ile belirli bir inovasyon kapasitesine sahip olması neye bağlıdır? Bu soru bizi Ulusal İnovasyon Sistemi kavramı ile tanıştırmaktadır.

Ulusal İnovasyon Sistemimiz ne durumda? Önce bu sistemin ne anlama geldiği ve sistemde nelerin amaçlandığı üzerinde duralım.

Ulusal inovasyon sistemi, bilim ve teknolojiyi hızla ekonomik ve toplumsal yarara dönüştürme beceresinin makro düzlemde örgütlenmesi anlamına gelir. Bu bakış açısı ile milli eğitimden



kentleşmeye, çevre sorunlarından ulusal güvenliğe, istihdamdan kamu yönetiminin yeniden yapılandırılışına dek her tartışma bu muhteva içinde değerlendirilir.

Ulusal inovasyon sistemi, bilim ve teknoloji üretmeye yönelik kurumsal mekanizmaların ötesinde, bilimsel ve teknolojik bulguları ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürebilmenin kurumsal mekanizmalarını ihtiva eder ve önemi de buradan gelir. Zira bilimsel ve teknolojik bulguları ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştürme yeteneğine sahip bulunmayan herhangi bir ülke, sektör ya da işletmenin geleneksel korumacılığın kalktığı, uluslararası rekabete açık bir dünyada varlığını sürdürmesi mümkün değildir.

Ulusal inovasyon (yenile(n)me/yenilik) sistemi, genel olarak,

1 - Ürün ya da üretim yöntemlerine ilişkin yeni teknolojileri edinebilme; özümseyip kullanabilme; bu teknolojilerin ekonominin bütün etkinlik alanlarına yayılmasını sağlayabilme;

2 - Ürün geliştirme, yeni ürün tasarımı yapabilme;

3 - Yeni ürün tasarımıyla birlikte üretim yöntemini de geliştirme, yeni yöntem tasarımı yapabilme;

4 - Geliştirilen ya da yeni bulunan üretim yönteminin gerektirdiği üretim makinelerini tasarımı yapabilme ve üretebilme;

5 - Sayılan tasarım ve üretim süreçlerini besleyen teknolojik araştırma-geliştirme faaliyetini sürdürebilme; ihtiyaç duyulan teknolojileri bilimsel bulgulardan yol çıkarak üretebilme ve o teknolojilerin kaynağını oluşturan bilimi üretebilme;

6 - Araştırma, geliştirme, tasarım, üretim (imalat), pazarlama süreçlerinin hem kendi içlerindeki hem de aralarındaki ilişkileri düzenleyen ve daha ileri düzeylerde yeniden üreten organizasyon yöntemlerini geliştirebilme yeteneklerine sahip ulusal kuruluşların oluşturduğu bir sistemi ve aralarındaki ilişkileri ifade eder [11].

### 3.1 Ulusal İnovasyon Sisteminin Önündeki Engeller

Dünyadaki bilimsel ve teknolojik değişme hızı her geçen gün biraz daha artmaktadır. Elimizdeki teknoloji en fazla 6-7 yıl için güncelliğini koruyabiliyor. Bir süre sonra bakıyorsunuz, bu teknolojinin çok daha modern ve gelişmiş daha pratik, daha hızlı, daha kaliteli ve daha ucuzu piyasaya sürülüyor. Bu durumda sizin rekabet gücünüz zayıflıyor ve ayakta kalmanız güçleşiyor. Zorunlu olarak teknolojinizi yenileme yoluna gidiyorsunuz. Bu durumda, inovasyon gerçeği ile karşılaşılıyor ve AR-GE çalışmalarına başlıyorsunuz. Çünkü araştırma –geliştirme (AR-GE) olmadan endüstrinin ayakta kalması mümkün olmuyor.

Sanayicilerimizin bu gerçeğin farkında olmadığı düşünülemez. Bu durumda sanayiciler AR-GE için üniversitelerin kapısını niçin çalmıyorlar?

Halkla üniversite arasında niçin gerekli ve yeterli iletişim bağları oluşturulamıyor? Bu soruya şöyle bir cevap veriyoruz: YÖK sistemi, üniversite hocalarının topluma hizmetini adeta yasaklayan sürdürülemez bir yapı kurdu. Örneğin danışmanlığın önünde ciddi engeller vardır. Ancak asıl önemli engeli şu şekilde açıklayabiliriz. AR-GE çalışmaları ciddi bir mali finans gerektiriyor. Sanayicinin bu finansa gücü yetmiyor. Mevcut şartlarda ölüm kalım savaşı veren sanayicinin ARGE'ye ayıracak parası bulunmuyor.

Sanayi-üniversite işbirliğinin gerçek anlamda kurulamamasının diğer engel sebebi ise maliyetlerdeki olağanüstü yüksektir. Çünkü ülkemizde fiyat mekanizmaları serbest piyasa şartlarına göre işlememektedir.

Gümrükler, vergi politikaları, taban alım fiyatları, sanayicimizin dünya ülkeleri ile rekabet edebilmesi gerçekleri göz önüne alınarak belirlenmemektedir. Petrol, elektrik fiyatları, iletişim vs vergiler Avrupa ülkelerinden ve ABD den bile çoğu kere yüksek durumda kalmaktadır. Bunun yanında bürokrasinin aşırı karmaşıklığı müteşebbisi bezdirmektedir.

Bu yüzden ülkemizde büyük holdingler teknolojilerini dışardan patent, lisans, know-how ve mühendislik anlaşmaları ile sağlamaktadırlar. Zaten bunların birçoğunun çok uluslu şirketlerde ortaklıkları vardır. Bundan dolayı inovasyon için AR-GE çalışmalarına ihtiyaç duyulmamakta, firma içindeki AR-GE birimlerini araştırma yapmaktan çok bağlı buldukları bölümlere hazır ve ithal teknolojiler alanında hizmet vermektedir. Diğer bir ifade ile taklit ve kopya teknolojilerle hayatını idameye çalışmaktadırlar. Küçük ve orta ölçekli firmaların ise zaten AR-GE birimleri bulunmamaktadır.

Gerek TÜBİTAK olsun ve gerekse üniversitelerin uygulamaya yönelik bir takım araştırmalara destek veriyorlar. Ancak ülkemizde üniversitelerin araştırma anlayışı, ağırlıklı olarak, akademik terfilerde sadece dosyaya koymak üzere yapılan yayıncılığa endeksli hale gelmiş bulunuyor



Üniversitelerde araştırmayı yapmanın amacı şudur: Araştırmalardan çıkan sonuçlarından toplum yararına bir şeyler elde etmektir. Halbuki üniversitelerimizde bu amaç unutulmuş gibidir. Bu nedenle WOS (Web of Science) gibi atıflar indeksindeki sıramızın yükselmesinin ne getirdiği, insanımızın bundan ne kazandığı sorgulanmamaktadır. YÖK ve TÜBİTAK'a ayrılan olağanüstü meblağlar, kamu kaynaklarının kamuya yarar sağlamayan "dosya yayınlarına" harcanmaktadır. Bu durum Türkiye'nin inovasyon çabaları ile taban tabana ters bir duruş sergilemektedir. Türkiye, bu anlayışları değiştirmedikçe ulusal inovasyon sistemini teşkil etmesi zor görünmektedir. Sonuç olarak, şu andaki üniversitelerde terfi ve unvan almak için yayın yapma anlayışı inovasyon felsefesine temelden aykırıdır.

### 3.2 Öncelikli Sorular

Üniversitelerimizin kalkınmada öncü ve motor haline gelmesi ve beyin fonksiyonu ifa edebilmesi için gündemimizde olan sorular vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

Ülkemizde sanayi hangi tür araştırmalar yapmalıdır?

Üniversite hangi tür araştırmalara yönelmelidir?

Üniversitelerimiz ne tür yatırımlar yapmalıdır?

Hangi tür konularda doktoralı bilim adamları yetiştirmeliyiz?

Hangi alanlara yönelmeliyiz?

Ülkemizin ulusal kaynaklarını bilim ve teknoloji açısından nasıl değerlendirmeliyiz?

Sanayiye nasıl motive etmeliyiz?

Bunlar gibi doğru soruları gündeme getirdiğimiz ölçüde önümüz açılacak ve gerçeklerle karşı karşıya gelebiliriz. Çünkü bu sorunların çözümünde ilerleme olmaması bu soruların gündemimizde olmaması ile ilgisi büyüktür.

Yine bu alanda başka bir can yakıcı gerçek şudur: Üniversitelerde yüzlerce binlerce tezler araştırmalar yapıyor ama bunlar genelde sanayi, ekonomik ve kültürel hayatımız ve geleceğimizle alakalı değil.

Düşününki bu kadar üniversite ve on binlerce öğretim elemanına sahipsiniz. Bunca bilimsel araştırmalar yapıyor. Ancak bu çalışmalar inovasyon önceliklerimizle ilgili değil. Gerekli yaptırımlar ve sistemler bulunmuyor. Bir ülke bilim ve araştırma hayatı için bundan daha vahim ne olabilir?

### 3.3 Kümelenme ve Öncelikler

Kümelenme için strateji şu: Güçlü alanı daha güçlü hale getireceksin. Yani kaynakları en verimli şekilde kullanmak ve o bölgede sinerji oluşturmak. Bir çok kimya şirketinin bulunduğu şehir yada bölgede bilgisayar donanımı konusunda kümelenme meydana getirebiliriz. Böylece o bölgeyi kimya sanayi alanında Dünya çapında uzman ve ileri hale getirmek mümkün olur. Durum böyle olunca devlet kimyasal üretim için kaynağı ağırlıklı olarak buraya ayırmış olur.

Sonuç olarak hangi ile ve üniversite hangi alanda ileri ise o il veya bölgeyi uzman bölge ilan ediyorsunuz. Uzmanlık için kriter genelde şirketler, üniversitelerin uzmanlığı ve araştırma merkezleri olacaktır. Böylece bölgelerde kümelenme meydana gelecektir. Yani üniversiteyi, araştırma merkezleri ve şirketleri bir araya getirmiş oluyorsunuz. Burada bilgi aktarımı organize edildiği için üniversitelere kaynak akacaktır. Şirketler üniversitelere araştırma görevini para karşılığında verdiğinden, üniversitelere kaynak akacaktır.

Savunma sanayiinde yaptığımız gibi Türkiye kimya endüstrisinde iddialı olacağı alanları belirlemelidir. Örneğin kimya alanında (özellikle sentez, organik, biyokimya) büyük potansiyel var ülkemizde. İkinci iddialı olacağımız alan tarımdır. Özellikle organik tarım ve gıda sanayi bunların başında geliyor.

Kimya ve biyokimya ülkemizin kalkınmada anahtar noktalarından birisidir. Türkiye'de ilaç ve kimyasal maddenin büyük çoğunluğu dışarıdan temin ediliyor. Bugün kimya sanayiine yön verilse, güdümlü projelere geçilse dışarıdan aldığımız çoğu ilaçları ve kimyasal maddeleri, çözücülerini, temizlik ve kozmetikleri, gıdalarda kullanılan maddeleri vs kendimiz yapabiliriz.

Halbuki kimyasal olan çoğu şeyi (ya da hammaddesini) dışarıdan alıyoruz. Bilime ve inovasyona dayanmayan ve dışarı ile rekabet edemeyen bazı kopya kimya endüstrilerinin var olması bizi yanıltmamalıdır.

Öncelikle yapılması gereken Türkiye için kritik olan araştırma önceliklerinin belirlenmesidir. Mesela ülke dışından aldıklarımızın Türkiye'de üretilmesi araştırma önceliklerimizdendir.



Araştırma önceliklerini belirledik. Sonra?.. Bu öncelikler ilan edilir. Bu vatandaşa mesajdır. Dünya nerede biz neredeyiz.

O zaman üniversitelere, TÜBİTAK ve TÜSEB gibi araştırmaları destekleyen ve yönlendiren kurumlara misyon havası gelir. Misyon yani hedef ve araştırma amaçları aşağıdan yukarı doğru süzüle süzüle yükselmelidir. İlgili toplum tabakalarını çözümün bir parçası haline getiren - aşağıdan yukarı yükselen- bu çözüm anlayışı gerçek demokrasinin uygulanmasıdır.

O zaman, herkes önceliklere ve hedefe sahip çıkacaktır. Akademisyenler de böylece yönlendirilmiş olacak; devletin kaynakları da belirlenen hedefe ve misyon doğrultusunda kullanılmaya başlayacaktır. İlgili kesimleri bağlayan ve yönlendiren bilim ve araştırma politika ve stratejileri hayata geçirilirse sanayicilerimiz hangi alana yatırım yapacakları konusunda belirsizlikten kurtulacaktır. Üniversiteler de “amaçsız araştırmalarla” uğraşmaktan vazgeçecektir.

İsmarlama hazırlanan bilim politikalarının sonucunu biliyoruz (örneğin vizyon 2023). Vizyon 2023 ilgililerin katılımı olmadan (tabandan tavana yükselmeyen) bir bilim politikaları hazırlama örneğidir. Bu yüzden toplum ve sanayi gerçeklerinden kopuk bir şekilde hazırlanan öncelik olarak ileri sürülen onlarca ve hatta yüzlerce araştırma öncelikleri çöle düşen yağmur gibi etkisiz kalmaktadır.

TÜBİTAK tarafından oluşturulan bilim ve araştırma öncelikleri ilgili kurumları bağlayan yaptırımları bulunmuyor. O yüzden hedefler büyük ölçüde kâğıt üzerinde kalmaktadır. Bunun en bariz örneği, TÜBİTAK, TÜSEB, BAP ve diğer projelere destekler verilirken bile, bu önceliklerin dikkate alınmamasıdır.

### 3.4 Yerliyi Koruyan Tedbirler

Son yıllarda ülkemiz büyük atılımlar yaptı. Yollar, köprüler, havalimanları vs. Bundan sonra ülkeyi uçuracak olan ileri teknoloji, özellikle kimya ve biyoteknoloji projeleridir. İnovasyona ve bilime dayalı yatırımlardır.

Ülkemizde kimya ve biyokimya alanında büyük potansiyeller var. Toplum -üniversite ilişkisinin kurulmamış olması ve YÖK'ün yayın odaklı stratejisi yüzünden, bu yayınları ileri götürülen dışarıdakiler (Batılılar) oluyor. Bizim üniversiteler ise bu durumda onlara bir tür “taşeronluk” yapmış olmaktadır. Bundan kurtulmanın yolu üniversitelerimizin artık “yayın için yayın yapmak” hedefini bırakıp, “ürün hedefli” çalışmalarına geçmesidir. O zaman Türkiye kendi ilacını kendi biyokimyasal kitini üretecek ve ihraç edecek konuma çıkacaktır. Bunun yolu kimya sanayiinde de savunma sanayiinde olduğu gibi hedefli çalışmalara geçilmesidir.

Savunma sanayisi çok iyi bir rol model oldu. Yerli üretim alım garantili şartname ihale modellerinin artırılarak geliştirilmesi ile sektör ülkemizi çok iyi bir noktaya taşıdı.

Savunma sanayiindeki uygulamalar diğer alanlara örnek olmalıdır. Bu amaçla yüksek teknolojik bilginin ticarileştirilmesine yönelik start-up geliştirilmeli ve sektör paydaşların dolaylı teşviklerin yanında doğrudan teşvik modelleri artırılmalıdır.

Bu sahada en önemli dikkat edilecek noktalardan birisi kendini global dev firmaların pençelerinde hisseden yerli firmalara destek sağlanmasıdır. Bunlara devletin prim vermesi ve olabilecek aksi durumlarda sayıştay denetimlerinde koruma kalkması gibi koruyucu tedbirler getirilmelidir. Yerli lehine her yıl alım oranını yukarı çekmeyen yönetici maaş ve tenzili rütbe riski ile karşı karşıya bırakılmalıdır.

Yerli yaptığımız her teknoloji ve ürün kötülenir; ithal olanlar ise bir harikadır! Halbuki tüm bunlar global dev firmaların kurduğu sömürü düzeninin yalanlarıdır. Tekelin kalkması için yanlışlığa ses çıkaranlar bir şekilde cezalandırılır, sindirilir, korkutulur. Hatta saf dışı edilir.

Global firmalar rakip kabul etmediğinden, ülkemizde yeni yeni büyüyen firmalarımızı satın alarak tekel kuruyor. Bu şekilde kendi yerli firmalarımızın güçlenmesine fırsat verilmiyor. Sahip olamadığımızdan ve elimizde tutamadığımızdan bir bir elimizden çıkıyor. “Ejderhaların” önünde duramıyorsunuz.

Hatta bu global firmalar bizim tanı kitini, kimyasal ürünlerini kendi ülkemizin ulusal pazarına bile sokturmuyor. Tanı kiti üreten milli ve yerli firmalar ülkemizde bu şekilde “batırıldı.” Daha doğrusu ejderhalara küçük lokma oldu.

### 3.5 Araştırmaya Hedef Lazım

Üniversiteler toplumu yeniliklerle/buluşlarla buluşturmak için vardır. Bu misyon niçin unutuluyor? Malum nereye gittiğini belirlememiş kaptana hiçbir rüzgarın faydası olmuyor. Bilim politikası ve hedef olmayınca



üniversitelerde çok değerli buluşlar yapılsa da bu buluş ve gelişmeler üretime dönüşmemektedir. Ülkemizde sanayicilerin araştırma geliştirme amacıyla üniversitelere müracaat etmemelerinin ana nedeni ülkemizin “bilim politikasının ve araştırma hedeflerinin” belirlenmemiş olmasıdır. Belirlenmiş olsa bile üniversiteleri, hatta hükümeti bile “bağlamaması”, yani hayata geçirilmesi için gerekli tedbirlerin alınmamış olmasıdır. Hedef olmayınca, koruma ve teşvik bulunmayınca üniversite rastgele konularda araştırma yapmak zorunda kalmakta; sanayici de hangi sanayi dallarına yöneleceğini bilememektedir. Ülke olarak bilim ve araştırma hedeflerinin belirlenmiş değil. Belirlenmiş olsa bile kağıt üstünde kalmakta. Çünkü belirlenen hedeflerin hocaları bağlayıcı mekanizmaların olması gerekir. Yani ısrarla uygulanan bir bilim politikası bir araştırma geliştirme siyaseti bulunmuyor. Bu durum, AR-GE'nin ve üniversite sanayi işbirliğinin oluşmamasının en büyük nedenini teşkil ediyor.

#### 4. EĞİTİM VE ARAŞTIRMA İÇİN FELSEFE

Üniversite sanayi işbirliği adı altında yıllardır, birkaç yüzyıldır bilinen araçların adları konuşulmakta, ama bunların nasıl olup da bir türlü hayata geçiremediğimiz sorusu sorulmamaktadır. Doğru cevaplara ancak doğru sorular sorarak ulaşabiliriz. En etkili sorun çözme aracının doğru sorular tasarımılamak olduğunu öğretemeyen bir eğitim anlayışımız var. Aldığımız eğitimin neticesi olarak tabii her şeyin cevabının öğretildiği eğitim yapısı içinde sorulara ve araştırmaya ihtiyaç kalmamaktadır. İlkokuldan itibaren teste dayalı eğitimde cevapları belli soruları ezberleyip duruyoruz. Bu durumda göre yükseköğrenim görmüş insanımızın (dolayısıyla aydınlarımız ve de çözüm mevkiindeki yetkililerin) ortak özelliği soruları olmayışlarıdır. Kendimize ezberletilmiş, belletilmiş cevapları başkalarına ezbere belletmeye çalışıyoruz. Hemen herkes kendi doğrularını başkalarına belletmeye çalışmanın peşine düşüyor. Bu yüzden sorunları nasıl çözeceğimize dair bir derdimiz yok görünmemektedir.

##### 4.1 Eğitimde Felsefe ve Motivasyon

Bizde eğitim sisteminin dayandığı bir felsefe var mı sorusu sürekli gündeme getirilmekte ve cevabı aranmaktadır. Ne yazık ki soruya olumlu cevap verilememektedir. Kendi kavramlarımıza ve bakış açımızla eğitimimizin ontolojik, epistemolojik, ahlak, kültür ve medeniyet boyutları ile güçlü bir eğitim felsefesine dayandırılması ihtiyacı vardır. Eğitimde felsefe olmayınca, telkin edilen şey sadece “başarı” oluyor. Eğitimin kültürel, medeniyet ve meslek/beceri yönü bulunmayınca (ya da zayıf kalınca) başarı güdüsü öğrencinin buluşçuluk ve inovasyon duygusunu değil rekabet ve bencillik duygularını beslemektedir. Bilinç altlarına liyakat ve ehliyetin geçersiz şeyler olduğu mesajları yüklenmektedir. İnsanımızın psikolojisi ve duygularının, inanç ve kültür değerlerinin katılmadığından Zihni çalışmalara, inovasyon çözümlerine analizlerinde gerekli çözümlenmeler hasıl olmamaktadır.

Motivasyon ancak onu besleyen bir kavramsal yapı içinde artar ve gelişir. İnsanları çalışmaya, buluşa ve araştırmaya sevk eden şey, kavramsal yapı ile ortaya çıkan şevk ve heyecan ortamlarıdır. Şevki doğuran alt yapı, doğru bir kendi kültürel kavramsal yapılarının dahil olduğu ortamlardır. Doğru kavramsal yapının beslediği ortamlardır. Aksi takdirde şevki besleyen ve doğuran kavramsal ortam yoksa motivasyon sönecektir.

Hayat faaliyet ve hareketten ibarettir. Faaliyet motorunun harekete geçmesi şevk ve motivasyon yakıtının temini ile mümkün olur. Eğitime yeterli ve gerekli milli hedefler verilmediği takdirde şevk ve motivasyon duyguları harekete geçmeyecektir. Bilimin vasıtaları evrenseldir. Ancak hedefleri millidir. Teknoloji üretme-kullanma süreçleri ve bilişim, eğitim süreçleri medeniyet ve eğitim, bilginin yapısı ve özellikleri, insanın doğası ve yaşam süreçleri ile ilgilidir. Bilgi edinme süreçleri, düşünme ve öğrenmeyi öğrenme ve eğitimin kavramsal düzlemi, bilgisayar destekli eğitim ve bilgi erişim kurumlarında ahlaki değerleri ve diğer kavramlarını kendi bakış açımız ve kültürümüz bağlamında ele alıp yeniden yapılandırmak zorundayız. Kısacası biz buna eğitime felsefe getirmek diyoruz.

Prof. Şen “Mühendislikte Felsefe, Mantık, Bilim Ve Etik” adlı kitabında felsefesiz eğitimin sonuçlarını şu şekilde özetlemektedir [12]: “...nakilcilik, ezbercilik, kalıpcılık, donukçuluk, özellikle mühendislikte formölcülük, yöntemcilik, taklitçilik”tir. “Toplumda çarpık yapılaşmalar, adaletsizlikler, yolsuzluklar, liyakat yerine sadakat ilkesi yaygınlaşarak artması” da felsefesiz eğitimin sonuçlarıdır.

“Nakilcilik (hocadan veya başkasından öğrenilenleri eleştirisiz doğru ve her durumda geçerli kabul etmek), yenilikçilik (inovasyon) peşinde koşmamak, koşulsa bile bunun toplumda bir getirisininin





olmaması, felsefe ve mantık ilkelerinin nerede ise tamamen devre dışı kalması gibi durumlar” yine eğitimdeki felsefe eksikliğinin neticelerinden ortaya çıkan arzardır.

Şen konuya şöyle devam etmektedir [12].

“Felsefesiz bir eğitim köleliğe, mantıksız olanı ise yaşayan ölüme sebep olur. Felsefenin olmaması sorgulamanın olmayışına, çok seçenekli olarak süre giden çözümlerlerin ortaya çıkamamasına, mantık kurallarının bilinmemesi de bu seçenekler arasında mühendisi (kişiyi) akıllıca karar verememeye kadar götürür.”

Halbuki eğitim beceri kazandırmaktan da öte öncelikle bireylerin hayal gücü ve üretkenliklerinin geliştirilmesini amaçlar. Taklitçilik özgün olmanın ve özgür düşünmenin önündeki en büyük engeli teşkil eder. Taklide alışanlar hayal güçlerini kullanamadıklarından yenilik yapamazlar ve büyük düşünemezler. Eğitim, ferde bağımsız düşünme yollarını öğretmelidir ve özgüven ve girişimcilik ruhu kazandırmalıdır. Bunun alt yapısı ise kişinin kişilik ve kimlik kazanacağı, kendi eğitim/bilim/varlık felsefelerinden beslenen eğitim ortamlarıdır

Kopya etmeden önce bunların mantığını ve ilmini kavramanız gerekir. Bu teknolojilere ait bilgilerin kökeninde kelimeleri, kavramları, terimleri, önermeleri kavramanız kendi bakış açısı ve terimlerimizle yorumlamamız hatta yeniden üretmemiz gerekir. Böylece onları millileştirme yolunda ilk adım atılmış olur.

Hız Muhammed'e atfedilen (hadis) “İki günü eşit olan zarardadır” (bk. *Aclunî, Keşfu'l-Hafa, 2/276*) ve Hz. Ali'ye nisbet edilen “çocuklarınızı yaşadıkları zamana göre yetiştirin” sözleri bize yeni ufuklarda değişimin, gelişimin ve yenilenmenin önemine dikkat çeker.

Merakın, tecessüsün, sorgulamanın, kolaylaştırıldığı bir eğitim ortamını nasıl inşa edebiliriz? En başta hayatı kazanmak için neyin uğruna yaşamaya değer olduğu sorusu cevap bulmalıdır. Eğitime felsefe kazandırmak için bilgiden önce inanç ve kültür değerleri, alın teri ve emeğin kutsallığı öğretilmelidir. Kolaycı yollar mesela kısa yoldan para kazanmak anlayışı ile hazır çözümlere odaklanan teknoloji transferi ile inovasyonun önü kapandı. Mesela hazır yazılımların kopya edilmesi ile teknolojiye sahip olunacağını zannedildi. Halbuki transfer etmek ve kopyalamak bile belli bir ilmi alt yapı gerektirir. Usulü dairesince yapılması gerekir.

Kendi bakış açınız ve kavramlarınıza sahip değilseniz fikirlerin kalite kontrolünü yapan mantık işlem görmeyecektir. Kendi bakış açınıza ve kendi eğitim felsefenize sahip değilseniz, üretim fabrikasının dinamosu olan felsefeden yardım alamıyorsunuz. Transfer ettiğiniz ürün ve teknoloji ile birlikte o teknolojinin felsefesi ve fikrini de almış olursunuz ve yenilik yapamazsınız. Çünkü kopyalayanlar ve taklit edenler özgür ve özgün düşünmemektedir ve yenilik yapamamaktadır.

Felsefi düşünce ve mantık ilkeleri ile hareket edecek eğitim yapısına sahipseniz yapılması gereken bellidir. O takdirde bakkalından holding sahibine, seyyar satıcısından üniversite hocasına, medyasından ve politikacısına ve özellikle bürokratına kadar herkes üretken zekasını kullanacak her daim yenilik peşinde olacaktır.

## 5. TARTIŞMA VE DEĞERLENDİRME

Büyük gelirler elde eden ülkeleri dikkatle incelediğimizde bunların kendi buluşuyla büyük gelirler sağladıklarını görürüz. Buluşun sahibi başka bir buluşla yine sizin yapmadığınızı yapabilmektedir. Onlarsa sürekli olarak yeni modellerle aradaki farkı korumayı biliyorlar. Bu yeniliği sağlayan buluşu da üstelik size parayla satarlar. Halbuki kopyalayan yani taklitte kalan ülkeler ise kopyacılıkla yüksek gelir sağlayamazlar. Üstelik sadece yeni buluşlar yüzünden eskimiş, önemi ya kaybolmuş ya da azalmış patentleri satarlar bu ülkeler. Patenti size sattıktan sonra siz buna göre mal üretmeye başladığınızda görürsünüz ki onlar yeni ürünleri piyasaya çıkarmışlar, siz bu durumda ürünlerinizi ucuz satmaya mecbur kalırsınız. Yeni çıkan patenti aldığınız anda bilin ki buluşçu ülke bir yenisini devreye sokacaktır.

Ülkemiz Ekonomik güç olarak belli bir varlık gösteriyor. Ama bu güç bilime dayanmayınca fazla bir değer ifade etmiyor. Çünkü inovasyon olmayınca sanayicimiz genelde başka ülkelerin girmeye tenezzül etmediği sahalara yatırım yapmak zorunda kalmaktadır. Bu yüzden sanayicimiz bir tane dahi patent alamadan, üretimini yabancı patentlere üstelik yüksek bir lisans ücreti ödeyerek kopya ya da taklit teknolojilerle üretim yapmaktadır. Halbuki sürekli kopyacılıkla katma değeri ve rekabet gücü yüksek ürünleri üretmek mümkün değil. Ticarete Yüksek yüksek gelirler elde etmek ancak benzeri başka yerde olmayan ürünlerle olur.



Elbette bilimsel ve teknolojik gelişme mutlaka akılcı, istikrarlı uygun bilim politikaları ve gerektiğinde her türlü fedakârlığı göz önüne alan uygun stratejilerle mümkün olabilir. Elbette siyasi bir irâdeye dayanmıyorsa, bilimsel ve teknolojik gelişme asla mümkün olmayacaktır.

Tekrar edersek Türkiye'de bilim ve teknoloji potansiyelinin en büyük eksikliği, şuurlu bir siyasi irâde desteğinden mahrum oluşudur. Bu konuda var olan olağanüstü yanılıklı fikirler ve yanlış kanaatler buluş, yenilik ve inovasyonun kalkınmadaki rolü anlaşılmalıdır. Bu yüzden ülkemizde bilim büyük ölçüde aksesuar olarak kalmaya devam etmekte, üniversiteler diploma veren kurumlardan öte fazla bir fonksiyon ifa edememektedir. Üniversitelerde var olan büyük potansiyel harekete geçirilememektedir. Sonuç olarak, devletimizin yapabileceği en iyi, uzun dönemde de sürekli ve en verimli yatırım bilime ve inovasyona yapılan yatırımdır. Bunun en başta siyasetçilerimiz ve bürokratlarımız tarafından berrak ve kesin bir biçimde anlaşılması gerekiyor.

## LİTERATÜR

- [1] a) Dalgıç, G., Hacıoğlu, F., Arbak, H., Taşpınar, P., Gençler, H. And Karaata, S. “ İnovasyon ölçümüne ilişkin bir derleme: dünyadan ve Türkiye’den bazı öne çıkan yaklaşımlar.” Akpınar, R. (Ed.). “Ar-Ge ve inovasyon programlarında değerlendirme ve etki analizi içinde.” 38-64. İzmir: Kitapana Basım Yayın, 2015.
- [2] Işık, N., Kılıç E. C. “İnovasyon Sistemi Yaklaşımı Ve İnovasyon’un Coğrafyası: Türkiye Örneği”, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, Cilt: VII Sayı: I, 2012.
- [3] Atik , H., Elverdi S. “Türkiye’de İnovasyon Ölçümüne Yönelik Bir Değerlendirme”, IBAD, Sosyal Bilimler Dergisi (Özel Sayı), s.695-712 , 2020.
- [4] Doğan, D. *Yeni moda bir kelime: İnovasyon!* Yeni Akit, 08.12.2014. [www.tyb.org.tr/yeni-moda-bir-kelime-inovasyon-17914yy.htm](http://www.tyb.org.tr/yeni-moda-bir-kelime-inovasyon-17914yy.htm) (25 ocak 2024)
- [5] Yazıcı, S., Şahin, S. Osmanlı Devleti’nde Patent Uygulaması: Örneklerle İhtira Beratı Kanunu İncelemesi, *History Studies* 11 -2 s 815 – 825, 2019 .
- [6] Özdiñç, Ö. İnovasyona Yeni Bir Tanım Önerisi: “Yeni” ve “Değer Üreten” Bir “Çıktı”yla Sonuçlanan “Süreç” (İnovasyon yazıları) <http://sd.com.tr/inovasyona-yeni-bir-tanim-onerisi-yeni-ve-deger-ureten-bir-ciktiyla-sonuclanan-surec/> (Erişim tarihi: 25 ocak 2024)
- [7] Özdiñç, Ö. Ulusal İnovasyon Sisteminin Sosyo kültürel Kaynakları, (yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul. S.88, 2018
- [8] DOĞAN, H. OECD Ülkelerinin İnovasyon Performanslarının Critic Temelli Ocra Yöntemiyle Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.28, S.1, s.35-54, 2023. (OECD-Eurostst, 2005: 29-46)
- [9] Titiz, T. Akılın Yolu 1+n, (Buluşçuluk temelli üretim), Beyaz yayınları. 3. Basım 2010. [https://tinaztitiz.com/dosyalar/Cesitli\\_konular/aklin\\_yolu-edit2.1.pdf](https://tinaztitiz.com/dosyalar/Cesitli_konular/aklin_yolu-edit2.1.pdf) 1 (Erişim: 25 Ocak 2024)
- [10] Çengel, Y. Temel Bilim Eğitiminde Alarm Zilleri <https://www.yunuscengel.com/temel-bilim-egitiminde-alarm-zilleri/> (Erişim: 19 ocak 2024)
- [11] Işık, N., Kılıç, E. C. İnovasyon Sistemi Yaklaşımı ve İnovasyon’un Coğrafyası: Türkiye Örneği, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, Cilt: VII Sayı: I, 2012. ( DPT, 2000: 9-10)
- [12] Şen, Z. Mühendislikte Felsefe, Mantık, Bilim Ve Etik, Tübitak Yayınları, 2016.



## ÖZGEÇMİŞ

### Prof. Dr. Osman Çakmak

Osman Çakmak, ilk ve ortaokulu doğduğu köyde-beldede (Başören ve Deliilyas) liseyi, Sivas Lisesinde tamamladı. Atatürk Üniversitesi Kimya bölümünde lisans (1982) ve lisansüstü eğitimini organik kimya alanında tamamladı (1990). Bitirdiği okul ve bölümleri birincilikle tamamladı. Almanya'da post doktora çalışmalarına katıldı (A. Von Humboldt Bursu; 1992, 1999, 2002). 1992 yılında doçent, 1998 yılında profesör oldu. İngiltere (1998), ABD (2011) ve TÜBİTAK MAM (1997) da araştırmacı misafir bilim adamı olarak çalıştı. Birçok Üniversite (BAP) ve TÜBİTAK destekli araştırma projelerinde yürütücü veya akademik danışman olarak görev yaptı.

Atatürk Üniversitesinde (1984) başlayan akademisyenliğini, Tokat Gaziosmanpaşa üniversitesi (1993) ve Yıldız Teknik Üniversitesinde (2013) devam ettirdi. Yıldız Teknik Üniversitesinden emekli olduktan sonra değişik vakıf üniversitelerinde tam zamanlı ve yarı zamanlı çalıştı. Bulunduğu üniversitelerde kurucu idari görevlerde bulundu (Tokat GOÜ, Yalova Üni, İGÜ -İstanbul; İRÜ -İstanbul).

Değişik kurumlarda AR-GE amaçlı bilim danışmanlığı, okullarda eğitim danışmanlığı görevleri yaptı; sosyal projelerde görevler aldı. Türkiye'nin Eğitim (mesleki eğitim, ARGE ve üniversite) sorunları ilgili alanlarında eğitim yazarlığı, popüler bilim alanlarında ise bilim yazarlığı yapmaktadır. Çok sayıda uluslararası ve ulusal bilimsel yayınlara sahiptir. [Çakmak Osman - Google Akademik](#)



# BİR MAKİNE İMALATI FABRİKASINDA YALIN ÜRETİM- 5S UYGULAMASI

Tolga KABAN<sup>1</sup>, Saime TAPHASANOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Özçelik Makina A.Ş.

[tolgakaban@gmail.com](mailto:tolgakaban@gmail.com), ORCID: 0009-0007-7951-8898

<sup>2</sup> İstanbul Rumeli Üniversitesi

[saime.taphasanoglu@rumeli.edu.tr](mailto:saime.taphasanoglu@rumeli.edu.tr), ORCID: 0000-0002-1280-8387

## ÖZET

Yalın üretim, temelde süreçlerde varolan israfları yok etmek ve sürekli olarak sistem verimliliğini artırmak üzerine kurgulanmış bir imalat tekniği yaklaşımıdır. Toyota Üretim Sistemi'nin babası olarak adlandırılan Taiichi Ohno, israfı "kaynak harcayan ancak bir değer olarak geri dönüşü olmayan bir faaliyet" olarak tarif etmiştir. Bu çalışmada öncelikle yalın üretim geçmişi, kavramları, içerikleri, adımlar ve yalın düşünce ilkelerini aktarmaya ve ifade etmeye çalışılmıştır. Akabinde ise makine imalatı yapan firmada 5S ilkelerinin yapılması ile şirket çehresinde izlenen farklılıklar anlatılmıştır. Çalışmanın finalindeyse yalın üretim ilkelerinden şirkette uygulananlar ve gözlemlenen sonuçlar paylaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yalın Üretim, 5S Uygulamaları, Yalın Düşünce, Kaizen, Makine İmalatı

## ABSTRACT

Lean manufacturing is a manufacturing technique approach that is fundamentally based on eliminating waste in processes and continuously improving system efficiency. Taiichi Ohno, who is called the father of the Toyota Production System, defined waste as "an activity that consumes resources but does not return as a value". In this study, first of all, lean production history, concepts, contents, steps and lean thinking principles were tried to be conveyed and expressed. Subsequently, the differences observed in the face of the company with the implementation of 5S principles in the machine manufacturing company were explained. In the final part of the study, the lean production principles applied in the company and the observed results were shared.

**Keywords:** Lean Production, 5S Apps, Lean Thinking, Kaizen, Machine Manufacturing

## 1 GİRİŞ

Dönemimiz teknoloji ortamında sınır olmayan rekabetçi ortamında maliyet düşüşleri ve kalite oranlarındaki artış, ücret ve kalite noktalarıyla ilgilenmeyi mücbir duruma getirmiştir. Yalın üretim, firmalarca dünyanın tamamında gerçekleştirilen, çalışma alanında ihtiyaç olan ve olmayan görevleri, işlemleri ve tutumları düşürmeyi hedefleyen işlemler, ilkeler, stratejiler ve gerçekleştirmelerdir [1].

## 2. YAZIN TARAMASI

Yalın üretimle ve 5S ile ilgili yazın taraması sonuçları, imalat sektörüne ek olarak hizmet sektöründe de pek çok uygulamanın gerçekleştirildiğini göstermektedir. Bu uygulamalarda, farklı yalın araçların ve 5S tekniklerinin uygun şekillerde kullanıldığı gözlemlenmektedir. Japonların II. Dünya Savaşı'nın arkasından içerisine düştükleri ekonomik ortamda "Yalın Üretim" yaklaşımı ortaya çıkmıştır [5]. Yalın üretim ve yönetim sisteminin temelleri, ilk kez 1950'lerde Toyota ailesinin bireylerinden mühendis Eiji Toyota ve birlikte çalıştığı iş arkadaşı mühendis Taichi Ohno'nun önderliğinde, Japon Toyota firmasında atılmıştır [2].



### 3. YALIN ÜRETİM

İlk olarak Toyota firması tarafından uygulanan yalın üretim ilkelerinin önemi, 1971 petrol krizinden sonra diğer Japon firmaları tarafından fark edilmiş ve yalın üretim ülke çapında kullanılan bir felsefe haline gelmiştir. Yalın üretim felsefesini temelde dört adıma ayırabiliriz. Bu temelleri sıfır hurda, ilk sefer hatasız ürünü, esnek üretim hatları ve sürekli gelişim olarak tanımlayabiliriz [1].

#### 3.1 5S Sistemi

5S, işletmelerdeki düzen ve disiplini sağlamak için kullanılan hem basit hem de işletmenin en küçük ayrıntılarının denetimini sağlayan ve diğer iyileştirme çalışmalarının temelini oluşturan ve israfları ortadan kaldıran bir sistemdir.

Toyota Üretim Sistemi'nin babası olarak adlandırılan Taiichi Ohno, israfı "kaynak harcayan ancak bir değer olarak geri dönüşü olmayan bir faaliyet" olarak tarif etmiştir. Başka bir söyleyişle, değer oluşturmayan ancak maliyetle sisteme yük getiren faaliyetlerdir. Hay ise israfı, "bir ürüne değer oluşturmak için yapılması gereken en az oranda donanım, malzeme ve işgücü kaynağı dışında olan her şey" olarak tarif etmiştir [3].

5S, Japonca 'S' harfi ile başlayan 5 kelimedenden oluşmaktadır: Seiri, Seition, Seiso, Seiketsu ve Shitsuke' dir [7]. Seiri (sınıflandırma) aşamasında gerekli olan parçaların sayısı ve miktarı en etkili biçimde gereksiz mal birikimine yol açmayacak şekilde belirlenir. Seition (düzenleme) aşamasında depolama yerleşimlerinin merkezi veya dağınık olması konusunda kararlar alınır. Seiso (temizlik) aşamasında ise geçmişe dair bilgi veya dokümanların ortamdaki uzaklaştırılması, karışıklığın önlenmesidir. Bu sayede sorunlar önlenecek ve tekrar oluşumlarına fırsat verilmeyecektir. Seiketsu (standartlaştırma) aşamasında sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla işlerin daha iyi yapılması için standartlar belirlenir ve bir çalışanın gelmediği gün diğer bir çalışanın kolaylıkla devralabileceği bir iş yapısı oluşturulur [6]. Böylece daha uzun süreli çalışan makinelerle hata oranı ve tamir nedeniyle kaybedilen zaman ve emek en aza indirilmiş olur [4].

### 4. UYGULAMA

5S uygulamalarının gerçekleştirildiği ÖZÇELİK firması, Alüminyum ve PVC profil işleme alanında, alüminyum kompozit panel ve çelik profil gibi farklı endüstriyel ürünlerin işlenmesine de imkân sağlayan nitelikli makineler üretmektedir. Firmada, kalıphane, alüminyum enjeksiyon makineleri, talaşlı imalat, bobinaj atölyesi, boyahane, lazer, caka ve büküm atölyeleri ile üretilen parçalar montajlanarak makine üretimi yapılmaktadır.

Eğitimlerin tamamlanması ile birlikte fabrika içerisinde 5S'in ilk adımı olan ayıklama işlemi için tüm fabrika çalışanlarının katıldığı ve projenin ilk başlangıç noktası olan montaj hatlarında genel bir bilgilendirme ve herkesin sürece katkı sunmasını amaçlayan Şekil 1' de görülen kırmızı kart doldurma etkinliği gerçekleştirilmiştir.

ÖZÇELİK 5S KIRMIZI ETİKET Ser No 00001

Adı Soyadı: \_\_\_\_\_  
İsim: \_\_\_\_\_  
Tarih: \_\_\_\_\_  
Kodu: \_\_\_\_\_

**Malzeme Soru**

<input type="checkbox"/> Araçları / Yaş Mamel	<input type="checkbox"/> Ürün / Mamel	<input type="checkbox"/> Yarımadı / Bentley / Kırışıklık
<input type="checkbox"/> Makine ve Diğer	<input type="checkbox"/> Tarih	<input type="checkbox"/> Yarımadı / Ser Yarımadı
<input type="checkbox"/> Mobilya (Masa, Sandalye, Dolap, vb.)	<input type="checkbox"/> Diğer	<input type="checkbox"/> Diğer

Tarih: / / 20... İsim: \_\_\_\_\_ Mekan: \_\_\_\_\_

Bu parça, malzeme, hammaddesi olup, bugün için gereklidir?  Evet  Hayır

Burada bulunması gereklidir?  Evet  Hayır

Bu miktarda bulunması gereklidir?  Evet  Hayır

Kullanım şekli (vardıysa, gün, hafta, ay, yıl vb.) nedir?  Evet  Hayır

**Sınıflandırma / Tasnif Yöntemi**

<input type="checkbox"/> Büyükteğülünde bulunur	<input type="checkbox"/> Yeni değiştirilecek	<input type="checkbox"/> Birkaç yıl önce kullanılır
<input type="checkbox"/> Sık sık depoya kaldırılır	<input type="checkbox"/> Üretim için kullanılır	<input type="checkbox"/> Birkaç yıl önce kullanılır
<input type="checkbox"/> İhtiyaçları bulunur	<input type="checkbox"/> Sınıflandırılır	<input type="checkbox"/> Fazlasını gözetilecek

Diğer: \_\_\_\_\_

Adı Soyadı: \_\_\_\_\_  
İsim: \_\_\_\_\_  
Tarih: \_\_\_\_\_  
Kodu: \_\_\_\_\_

Figure 1. 5S Kırmızı Etiket





## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında makine imalatı yapan bir işletmede üretim hatları üzerinde çalışılmıştır. Yalın üretim yöntemlerinden 5S metodu kullanılarak, çalışan motivasyon ve verimliliğini arttırmak, üretim hatlarını gereksiz malzeme ve stoklardan arındırmak, süreçleri ve şirket yapısını mümkün olduğunca yalınlaştırmak, zaman kayıplarını en aza indirmek ve bu kültürü şirket kültürü haline getirmek amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçları kuramsal bilgilerin uygulama ile birleştirilmesi anlamında önemlidir.

Yalın üretim çalışmaları uzun soluklu çalışmalar olmakla birlikte, ilk sonuçlar incelendiğinde, uygulamanın başlamış olduğu montaj hatlarındaki düzenli alanların hem çalışan personel hem de fabrika ziyaretine bıraktığı olumlu etki ve çalışanlarda motivasyon artışı olarak gözlenmiştir. Çalışanlar işlerini daha düzgün ve düzenli bir ortamda yapmaya başladıkça gereksiz yaşadıkları stres ve enerji kaybından da kurtulmaya başlamışlardır.

## KAYNAKÇA

- [1] Demirkır, M. 'Yalın Üretim ve Lastik Sektöründe Bir Uygulama' Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2008.
- [2] Harry, M. J., & Mann, P. S., De Hodgins, O. C., & Hulbert, R. L., & Lacke, C. J. 'Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements', John Wiley & Sons, 2010.
- [3] Hirano, H. '5 Pillars of The Visual Workplace, Productivity Pres. Portland Oregon, 1990.
- [4] Kaymakci, Ö. 'Bir PTT Şubesinde Yalın Üretim - 5S Uygulaması, 2012.
- [5] Okur, S. '2000'li Yıllarda Sanayi İçin Yapılanma Modeli Yalın Üretim', 2005.
- [6] Pheng, L. S. 'Towards TQM – Integrating Japanese 5-S Principles with ISO 9001:2000 Requirements' The TQM Magazine, 2001.
- [7] Uslu, H. C. 'Yalın Üretim Teknikleri Ve Karşılaşılan Problemler', 2022.

## ÖZGEÇMİŞ

### Tolga, Kaban, Üretim Yöneticisi

Tolga Kaban, 1989 yılında İstanbul'da dünyaya gelmiştir. Gaziantep Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünden 2015 yılında mezun olmuştur. İş hayatına devam ederken 2018 yılında Gedik Eğitim Vakfı'ndan Uluslararası Kaynak Mühendisliği sertifikasını almıştır. Yüksek lisans eğitimini İstanbul Medeniyet Üniversitesi Mühendislik Yönetimi bölümünden 2023 yılında tamamlamıştır. İş hayatına makale çalışmalarını yaptığı firmada Üretim Yöneticisi olarak devam ettirmektedir.

### Saime, Taphasanoğlu, Ar-Ge Müdürü

Saime Taphasanoğlu, 1970 yılında Elbistan'da dünyaya gelmiştir. İstanbul Teknik Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 1991 yılında mezun olmuştur. İş hayatına devam ederken 1996 yılında İTÜ Endüstri Mühendisliği yüksek lisans eğitimini tamamlamıştır. 2020 yılında Kocaeli Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalından Doktor Endüstri Mühendisi unvanını almıştır.

İş hayatında CSM Metalurji Ltd. Şti. bünyesinde Ar-Ge Müdürlüğü, Toplam Kalite Yönetim danışmanlığı görevini sürdürmektedir. Aynı zamanda İstanbul Rumeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde Dr. Öğretim Üyesi olarak çalışmaktadır.



# ELEKTRİKLİ ARAÇLAR İÇİN YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMINDA BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİNİN KATKISI

İrfan SARIYILDIZ<sup>1</sup>, Mehtap KÖSE ULUKÖK<sup>2</sup> Vesile EVRİM<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Lefke Avrupa Üniversitesi, Lefke, Kuzey Kıbrıs TR-10, Mersin 99010, Türkiye,  
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, *Kıbrıs İlim Üniversitesi*, Ozanköy, Kuzey Kıbrıs TR-10, Mersin 99320, Türkiye

irfansariyildiz@csu.edu.tr, ORCID: 0009-0007-3938-6923

<sup>2\*</sup> Yazılım Mühendisliği Bölümü, *Kıbrıs İlim Üniversitesi*, Ozanköy, Kuzey Kıbrıs TR-10, Mersin 99320, Türkiye

mehtapulukok@csu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4335-483X

<sup>3\*</sup> Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Lefke Avrupa Üniversitesi, Lefke, Kuzey Kıbrıs TR-10, Mersin 99010, Türkiye

vevrin@eul.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7733-5229

## ÖZET

Günümüzde, dünya fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesi ve çevre kirliliğinin artmasına bağlı olarak fosil yakıtlı araçların elektrikli araçlar ile hızlı bir şekilde yer değiştirmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu değişimin ortaya çıkardığı elektrikli araç bataryalarının sürekli doldurulması için gereken altyapı kapsamında elektrik şarj istasyonları kurulmuş ve kurulmaya devam edilmektedir. Araçların hareketli olması ve dağıtık yapıda bulunması nedeniyle sistemin merkezi bir yapıda yönetilmesi yerine merkeziyetsiz bir yapıda yönetilmesinin daha verimli ve etkin kullanıma yol açacağı açıktır.

Bu çalışmada, küçük ölçekli bir çerçevede elektrikli araç şarj istasyonlarınca elektrikli araçların şarjı sonucunda ortaya çıkan şarj süresi, tüketilen elektrik miktarı (KW), ödeme ve kullanıcı bilgileri gibi verilerin blokzincir teknolojisi kullanılarak güvenli ve merkezi olmayan bir yapıda nasıl işlenebileceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

Elektrikli araç şarj sistemi kullanım bilgilerinin güvenilir ve merkeziyetsiz bir şekilde depolanması işlemi için yapılan bu çalışmada, blokzincir teknolojisi ile uzlaşma algoritması olarak Raft konsensus algoritmasının özelleştirilmiş bir modeli tasarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Blokzincir teknolojisi, uzlaşma algoritmaları, yenilenebilir enerji, sıfır emisyon arabalar

## ABSTRACT

Nowadays, due to the rapid depletion of world fossil fuel resources and increasing environmental pollution, the rapid replacement of fossil fuel vehicles with electric vehicles has become inevitable. Electric charging stations have been established and continue to be established within the scope of the infrastructure required for the continuous charging of electric vehicle batteries resulting from this change. Since the vehicles are mobile and have a distributed structure, it is clear that managing the system in a decentralized structure instead of managing it in a central structure will lead to more efficient and effective use.

In this study, it is aimed to show how data such as charging time, amount of electricity consumed (KW), payment and user information resulting from the charging of electric vehicles by electric vehicle charging stations in a small-scale framework can be processed in a secure and decentralized structure using blockchain technology.

In this study, which was carried out for the reliable and decentralized storage of electric vehicle charging system usage information, a customized model of the Raft consensus algorithm was designed as a consensus algorithm with blockchain technology.

**Keywords:** Blockchain technology, consensus algorithms, renewable energy, zero-emission cars



## 1 GİRİŞ

Teknolojinin hızla gelişmesi ve bilginin eşi benzeri görülmemiş bir hız ve düzeyde paylaşılması, dijital verilerin iletimi ve depolanmasında güvenlik ve verimliliği ön plana çıkarmıştır. Bu gelişmelere bağlı olarak veri alışverişi geleneksel ve yerel yapılar yerine küresel ve merkeziyetsiz yapılara ihtiyaç duymaya başlamıştır. Bu ihtiyacı karşılamak için günümüzde sürekli olarak gelişen ve çok sayıda uygulamanın geliştirildiği ve geliştirilmeye devam eden en yeni ve en ileri teknolojik gelişme blokzincir teknolojisidir. Bu yeni gelişen teknoloji yeşil çevrenin korunması ve karbon ayak izinin azaltılmasında da önemli bir potansiyele sahiptir. Tüm dünyanın azaltmaya çalıştığı karbon ayak izininin düşürülmesinde hatırı sayılır bir katkı sağlaması beklenen teknolojik gelişmelerden biri de elektrikli araçlardır. Ancak, bu yeni yeni kullanılmaya başlanan elektrikli araç teknolojisinin en önemli sorunlarından biri de akülerin sıklıkla şarj edilmesidir. Araç menziline göre değişiklik gösteren pil şarj ihtiyacı hali hazırda geleneksel benzin istasyonlarından farklı olarak mobil uygulamalar yardımıyla halka açık şarj istasyonları tarafından sağlanmaktadır. Bu durum, elektrikli araçlar tarafından ihtiyaç duyulan şarj işleminin dağıtık ve küresel bir yapıda kayıt altına alınmasını zorunlu hale getirmektedir. Dağıtık ve küresel kayıt yönetimi ve işletimi için öne çıkan teknoloji, dağıtık yapısı ve güvenlik özellikleri nedeniyle blokzincir teknolojisidir.

Blokzincir teknolojisi, anonim bir kişi veya bir grup araştırmacı tarafından 2008 yılında Bitcoin hakkında bir teknik incelemenin yayınlanmasıyla (eşler arası elektronik nakit sistemi) başladı. Bu yeni teknoloji ile birlikte kriptografik hash fonksiyonları kullanılarak iki taraf arasında güvenli ve merkeziyetsiz veri alışverişi sağlanabilmektedir. Bitcoin sistemini oluşturan elektronik nakit sistem teknolojisinin omurgasını, kriptografik işlemler kullanılarak çözülebilen karma bulmaca ile işlem doğrulamasını sağlayan İş İspatı (Proof of Work - PoW) konsensüs algoritması oluşturmaktadır. Çözülmesi zor kriptografik karma bulmacası ile farklı alanlarda verilerin güvenli ve merkezi olmayan bir şekilde depolanmasını ve aktarılmasını sağlayan özelliklerinden dolayı PoW konsensüs algoritması, alanda çalışan araştırmacılar ve kullanıcılar arasında en popüler konsensüs algoritmalarından biri olmuştur. Nakit akışında sadece enerji tüketimi az dijital imza kullanımının belirli avantajları olsa da çifte harcama sorunu blokzincir gibi bir teknoloji olmadan engellenememektedir. Bu soruna her ne kadar enerji tüketimi dijital imzaya oranla daha yüksekte olsa çözüm olarak blokzincir teknolojisi önerilmiştir. Blokzincir, merkel ağacının oluşturulmasında kullandığı kripto hash yapısı ve sonrasındaki işlemlerle verilerin tekrarlanmasını ve değiştirilmesini engellemekte de etkili olmaktadır. Ayrıca dijital imza ile çalışan blokzincir yapısında, eşler arası elektronik nakit sistemi kullanımının yaygınlaşması ile insanların parasal işlemlerinde geleneksel bankacılık sistemine duyduğu ihtiyaçta azalacak ya da bitecektir [1].

Bununla birlikte, blokzincir sisteminin merkeziyetsiz yapısını bozmaya yönelik bazı sistemler oluşturulmaya başlanmıştır. Bunlardan biri madencilik havuzları adı verilen kullanıcıların güçlerini birleştirerek tekel oluşturdukları yapılardır. Güçlerini birleştiren madenciler, kendi imkanı ile işlemleri çözmeye çalışan madencilerden daha kazançlı olduğundan, küçük madenciler bir araya gelme eğilimindedirler. Bu yapılar sayesinde havuz yöneticisinin havuzun faaliyetlerini büyük ölçüde yönlendirdiği merkeziyetçi bir yapı oluşturulmaktadır [2]. Filtreleme yöntemi kullanılarak, bu tip küresel ve yerel olarak sınırlı rasyonel olmayan aktörlerin varlığını ortadan kaldırmak için konsensüs birliğine varılması sağlanabilir [3]. CHB-consensus ve CHBD-consensus algoritmaları da hash algoritmasına dayalı olarak geliştirilmiştir. Bu protokoller, dürüst olmayan madencilerin blok oluşturmak için ek işlem gücüne ihtiyaç duymasını önleyerek merkeziyetsiz yapının merkezi bir yapıya dönmesine engel olur [4]. Bu konuda diğer bir algoritma ise Yaş Kanıtı konsensüs algoritmasıdır. Bu algoritmanın temeli havuz madenciliğini caydırmak için madencilerin blokzincirinin güvenliğini korumaya ayırdıkları etkili madencilik dönemlerini ölçmek için kullanılan Çalışma Yaşı (AoW) algoritmasına dayanmaktadır. Madenci, bir bloğu tamamlayamasa bile Yaş Kanıtı protokolünden kazanç elde eder. Bu da havuza katılımı azaltarak bireysel katılımı teşvik eder [5]. Bunu engellemek ve adil bir madencilik sürecinin işletilmesini temin etmek için algoritma geliştirme süreçleri devam etmektedir.

Farklı iş alanlarında blokzincirin kullanılması durumunda, seçilecek PoW zorluk seviyesi ve madenci sayısı gibi parametreler hizmet kalitesi (QoS) gereksinimlerine göre ayarlanabilir [6]. Parametreleri



ayarlayarak çalışan bir diğer algoritmada Faaliyet Kanıtı'dan yararlanılarak oluşturulan Çatalsız Hibrit konsensüs algoritması diğer adıyla Esnek PoA'dır. Ayarlanabilir parametreleri sayesinde blokzincir sisteminin verimliliğini ve QoS'u arttırmaktadır [7]. QoS, verimlilik ve güvenilirlik kapsamında PoW, PoS gibi konsensüs algoritmalarından farklı olarak birçok konsensüs algoritması geliştirilmektedir [8, 9]. Bir başka algoritma PoW zorluk seviyesini azaltarak işlemi daha verimli olarak yapmayı amaçlayan digital imzada hash kriptolama yerine olasılıksal digital imza kullanan Kuantum Sonrası İş Kanıtı (PQ-PoW) algoritmasıdır [10]. Yine PoW'un daha verimli olarak önerilen bir diğer algoritma Green-PoW algoritmasıdır. Bu algoritma klasik PoW algoritması ile karşılaştırıldığında madencilik sırasında kullanılan toplam enerjinin %50'sine kadar tasarruf sağlayabilmektedir [11]. Blokzincir teknolojisi hakkında bugüne kadar birçok çalışmaya rağmen blokzincirin faydaları hali hazırda tam olarak anlaşılabilir [12].

Blokzincirin kullanılabileceği farklı alanlardan birisi de Nesnelerin İnterneti (IoT)' dir. Bulut, Sis ve Kenar yapısında dolandırıcılık, siber suçlar ve artan düzenlemelerden dolayı kurulamayan güvenilir ittifaklar endüstriyel büyüme için bir engel oluşturmaktadır. Güvenilir, daha esnek, daha hızlı ürün yenilikleri, müşterilerle daha yakın bağlar ve daha hızlı IoT ve bulut bilişim teknolojisi entegrasyonunun tümü blokzincir teknolojisi ile mümkün olabilmektedir [13, 14]. Ancak IoT sistemlerinin işlemci güçleri kısıtlı, klasik PoW algoritmasının işlemci gücü ihtiyacı ise IoT gücüne kıyasla büyüktür. IoT cihazlarındaki bu engeli gidermek için İkiz Madenci (MinT) mimarisi ve IoT ortamındaki dürüst olmayan madencileri tanımlamak için de Davranış Kanıtı (PoB) algoritması geliştirilmiştir [15,16].

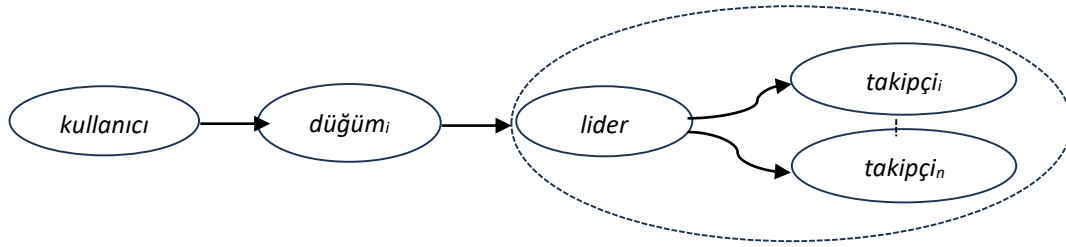
Ölçeklenebilirlik, blokzincirin farklı alanlarda kullanılmasına engel olabilecek bir diğer sorun alanıdır. Üretim, ağ oluşturma, işlem sayısı, blok aralığı süresi, veri depolama ve iletim şu anki ölçeklenebilirlik sorunları arasındadır [17]. Ölçekleme sorunu üzerine yapılan çalışmalardan bir tanesi parçalama tabanlı blokzincir SSCChain konsensüs algoritmasıdır. Bu işlemi ve durumu parçalamayı kolaylaştıran benzersiz bir yapıdır. Düğümlerin ağı yeniden düzenlemeden parçalara katılmasını sağlayarak veri taşıma ek yükü ihtiyacını ortadan kaldırır. Bu yaratıcı çözüm, blokzincir teknolojisinin ölçeklenebilirlik sorununu çözme yolunda önemli bir adımdır [18]. Çıktı ve gecikme süresiyle ilgili ölçeklenebilirlik sorununu çözme konusundaki bir diğer çalışma da HTNZ protokolüdür. Blokzincir yapısındaki blok sisteminin değiştirilmesiyle ölçeklendirmeye çözüm üretmeyi amaçlamaktadır [19]. Eski çalışmalara göre 20 kat daha iyi merkeziyetsizlik ve mevcut bant genişliğiyle doğrusal ölçeklenebilirlik sağlayan OHIE protokolüde diğer bir çözüm olabilir [20]. Bitcoin-Gelecek Nesil (NG), ağı bozulmasına neden olmadan ölçeklenebilirliği artıran ölçeklenebilir bir blokzincir protokolüdür [21].

Blokzincir sisteminde önemli bir yer tutan ve önemli bir parçasını oluşturan güvenlik, merkezi olmayan yönetim, açıklık, değişmezlik, dağıtılmış defter, eşler arası ağ iletişimi ve geri döndürülemezlik önemli özelliklerdir. Blokzincir teknolojisi, büyük verilere bir standart sağlar ve büyük miktarda veriyi güvenli bir kriptografik katmanda güvenli bir şekilde depolayarak telif hakkı formlarının ve gizli materyallerin korunmasını kolaylaştırır [22]. Güvenlik için geliştirilen protokollerden bir tanesi de SPECTER protokolüdür. SPECTER protokolü blokzincir sistemine işlem gücünün %50'sine kadar saldırılara dayanabilen güvenlik sağlayabilmektedir [23]. Güvenlikle ilgili bir diğer tehdit ise sistemin dağıtık yapısını bozmaya yönelik geliştirilen Uygulamaya Özel Entegre Devre (ASIC) işlemcilerdir. ASIC PoW algoritmasında kullanılan karma hash bulmacasını hızlı bir şekilde çözerek adil dağıtık bir sistemi bozmaktadır. Bunu engellemek için bellek kullanımını zorunlu tutan parametrelere sahip algoritmalar ile ilgili çalışmalar yapılmak olup kişisel güvenliği artıracak yöntemler üzerinde de araştırmalar devam etmektedir [24, 25].

Bitcoin-NG gibi blokzincir teknolojileri, daha fazla madencilik yaparak kazanma şanslarını artırmak için mikro blokları kasıtlı olarak gözden kaçıran karmaşık madencilik saldırılarına karşı hassastır [26]. Bu çalışmalara benzer diğer bir çalışma da bağımsız güç şebekesi düğümlerinin kontrolünde kullanılması planlanan Optimal Güç Akışının Kanıtı (PoOPF) protokolüdür. Bu protokol, önceden güven olmadığına bile sonraki yinelemeleri blokzincirinde güvenli bir şekilde depolayarak merkezi bir otorite gereksinimini ortadan kaldırmaktadır [27].

## 2. BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ VE UZLAŞMA ALGORİTMALARI

Blokzincir teknolojisinin ana sorunlarından biri konsensüs algoritmalarıdır. Çok sayıda yayın, blokzincirlere yönelik tehdit modellerinin nasıl performans gösterdiğini inceliyor. Bununla birlikte, blokzincir performansı üzerinde etkisi olan ağ istikrarına odaklanma eksikliği var gibi görünüyor. Konsensüs algoritmaları büyük ölçekli yazılım sistemleri için çok önemlidir. Durum alanı azaltma ve ayrıştırma gibi stratejiler kullanılarak geliştirilen Raft konsensüs algoritması, belirsizliği ve tutarsız sunucuları en aza indirerek anlaşılabilirliği artırmayı amaçlamaktadır. Diego Ongaro ve John Ousterhout tarafından geliştirilen Raft, aynı varsayımlar göz önüne alındığında Multi-Paxos ile aynı garantileri sunan ancak sezgi odaklı metodolojisi ve güvenlik kanıtı sayesinde anlaşılması daha kolay olan dağıtılmış bir fikir birliği algoritmasıdır.



**Şekil 1.** Raft uzlaşma algoritmasına sahip sistem diyagramı

Raft, her düğümde çoğaltılmış bir defteri yönetmeye yönelik bir fikir birliği algoritmasıdır. Zamanı, her dönem bir seçimle başlayacak şekilde, sınırlı süreli dönemlere böler. Bir aday kazanırsa dönemin geri kalanında lider olarak görev yapacak. Bir takipçinin belirli bir süre boyunca liderden haber alamaması durumunda aday haline geldiği sürece lider seçimi adı veriliyor. Normal operasyonda yalnızca bir lider vardır ve tüm işlemler lider üzerinden geçerek bunları takipçi defterine blok girişleri olarak ekler [28].

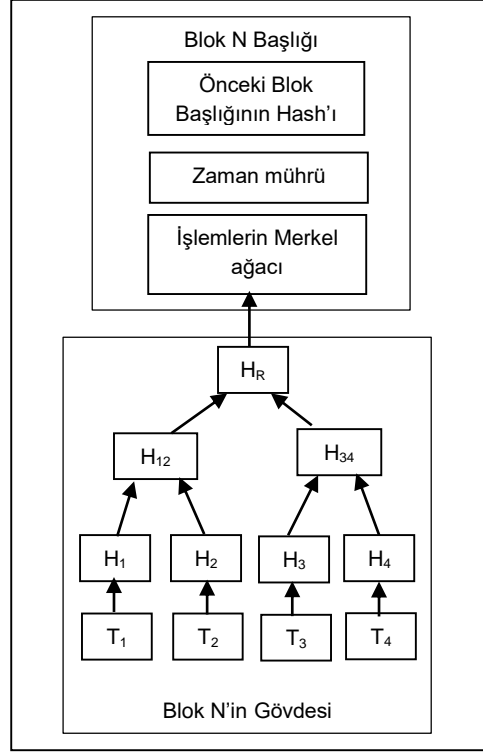
Bu çalışmada elektrikli araç şarj istasyonları tarafından üretilen şarj süresi, tüketilen elektrik (KW), ödeme ve kullanıcı bilgileri gibi verilerin güvenli ve merkezi olmayan bir ortamda nasıl işlenebileceğini gösteren küçük ölçekli bir çerçevenin ortaya konulması amaçlanmaktadır. Raft konsensüs algoritması kullanılarak blokzincir teknolojisinin kullanıldığı bir yöntem. Raft konsensüs algoritmasına sahip önerilen elektrikli araç şarj istasyonları sistem şeması Şekil 1'de gösterilmektedir. Birkaç düğüm ve birkaç takipçi düğüm olabilir, ancak yalnızca bir lider ve bir lider adayı vardır. Lider adayı, zincirinde en güncel bloklara sahip olan takipçidir.

**Tablo 1.** Her işlemde saklanan veriler.

Alan	Tanım
Kullanıcı ID	Hesap detayları
Şarj Tarih&Saat	Zaman mührü bilgileri
Tüketilen Elektrik	Kullanılan KW miktarı
Kullanıcı İmzası	Dijital imza
Şarj İstasyonu ID	Şarj istasyonu detayları

Düğümleden lidere yapılan işlemin alanları Tablo 1'de listelenmiştir. Sistemdeki her düğüm bir şarj istasyonunu temsil eder ve şarj süresi, tüketilen elektrik (KW), ödeme, şarj istasyonu bilgisi ve kullanıcı bilgileri gibi kullanıcı hesabı bilgileri Lidere işlem verileri olarak gönderilir. Sistemdeki her düğüm lidere tek bir işlem gönderiyor ve lider blok oluşturup replikasını takipçisine/takipçilerine gönderiyor.





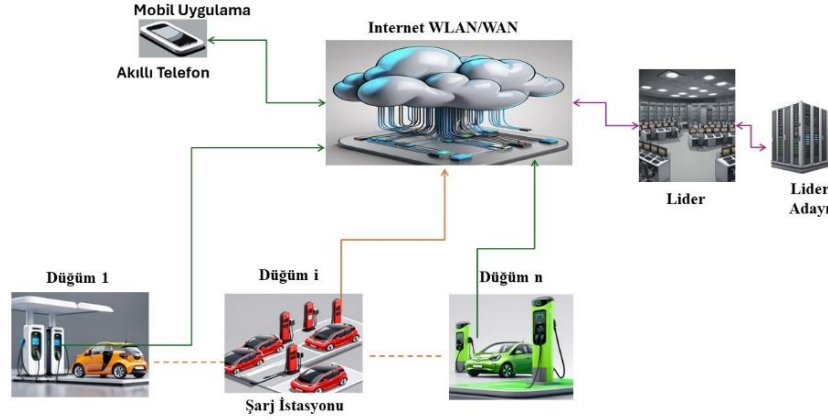
Şekil 2. Blokzincir'deki blokların yapısı

H hash fonksiyonu, kriptografik karma fonksiyonu temsil ederken, T1, T2, T3, T4, düğümlerden lidere gönderilen işlemleri temsil eder. İlk blok, Genesis bloğu olarak bilinir ve zincirde ilk sırada yer alır. Önceki işlemlerin karma değeri sıfıra sahiptir. Ağa yayınlanmadan önce biri hash fonksiyonuyla kodlanan binlerce işlem kaydı tek bir blokta bulunabilir. Merkel ağacı, işlemleri son karma değerindeki karma birikimleri olarak oluşturmak için kullanılır. Merkel ağaçları, hash ağaçlarına benzer ve Şekil 2'de gösterilen gibi işlemler ikili ağaç biçiminde depolama için kullanılan veri yapılarıdır.

#### 4. BLOKZİNCİR TEKNOLOJİSİ KULLANILAN YENİLENEBİLİR ENERJİ ŞARJ İSTASYONLARI MİMARİSİ

Geleceği parlak olan en büyük teknolojilerden biri şüphesiz blokzincir teknolojisidir. Kripto para birimi Bitcoin, blokzincir teknolojisinin ilk kullanımı olsa da, hükümet ve iş sektörleri de bu teknolojinin diğer kullanımlarıyla ilgilenmeye başladı. Forum for Economic Forum'un 2015 yılında yaptığı bir araştırmaya göre, 2027 yılına kadar dünya GSYİH'sinin %10'u blokzincir'de depolanacak.

Elektrikli otomobillerin kullanımı günümüz sektörünün trend konularından biridir. Yenilenebilir enerji sistemlerindeki gelişmelerle birlikte elektrikli arabalar daha fazla karbonsuz ve yeşil çevrelerin oluşmasını sağlayabilir. Bu nedenle kamuya ait yenilenebilir enerji şarj istasyonlarının kullanılması ihtiyacı büyük ilgi görecektir. Bu çalışmada, kamuya ait yenilenebilir enerji şarj istasyonlarının merkezi olmayan yönetiminin, yeni geliştirilen blokzincir teknolojisi ile çözülmesi amaçlanmaktadır. Şekil 3'te gösterildiği gibi şarj istasyonları, lider, lider adayı veya birkaç takipçi gibi çeşitli düğümlerden oluşan önerilen sistemin mimarisi.



**Şekil 3.** Blokzincir'de elektrikli araç şarj sistem mimarisi

Elektrikli araçların şarj istasyonlarına randevuları mobil uygulama yazılımı kullanılarak yönetilebilmektedir. Doğrulan planlamaya göre şarj istasyonlarının kullanıcılarının bunları kullanmasına izin verilebilir ve tamamlanan şarj işlemleri her düğüm tarafından lidere gönderilir. Lider tarafından oluşturulan blokların kopyası Raft algoritmasına göre aday lider/takipçiler ile paylaşılır.

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada, elektrikli araç şarj sisteminin verimli, etkili ve güvenli çalışmasında blokzincir teknolojisinin uygulanmasına örnek teşkil edecek bir sistem tasarımı yapılmıştır. Kullanılan RAFT algoritması, enerji tüketimi ve donanım gereksinimlerinde diğer konsensüs algoritmalarına (PoW ve PoS algoritmaları) göre daha düşük olması ve elektrikli araç şarj sistemi için yapısal olarak en hızlı uzlaşmayı sağlaması nedeniyle seçilmiştir. Bu sistemin blokzincir tarafından mümkün kılınan merkezi olmayan, uyarlanabilir yapısı, yeni şarj istasyonları ve merkezlerinin eklenmesini kolaylaştıracaktır. Ayrıca önerilen sistemin kesintisiz ve güvenilir devamlılığı da sağlanmış olacaktır. Kuşkusuz, yakın gelecekte bu tür araştırmalar daha da artacak ve blokzincir teknolojisinin bu alanda önemli yeni gelişmelere yol açacağı açıktır.

## LİTERATÜR

- [1] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System." [Online]. Available: [www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org)
- [2] A. Miller, A. Kosba, J. Katz, and E. Shi, "Nonoutsourcable scratch-off puzzles to discourage bitcoin mining coalitions," in Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security, Association for Computing Machinery, Oct. 2015, pp. 680–691. doi: 10.1145/2810103.2813621.
- [3] Y. Shang, "Hybrid consensus for averager-copier-voter networks with non-rational agents," Chaos Solitons Fractals, vol. 110, pp. 244–251, May 2018, doi: 10.1016/j.chaos.2018.03.037.
- [4] L. Yu, X. fang Zhao, Y. Jin, H. yi Cai, B. Wei, and B. Hu, "Low powered blockchain consensus protocols based on consistent hash," Frontiers of Information Technology and Electronic Engineering, vol. 20, no. 10, pp. 1361–1377, Oct. 2019, doi: 10.1631/FITEE.1800119.
- [5] L. Shi, T. Wang, J. Li, S. Zhang, and S. Guo, "Pooling is not Favorable: Decentralize Mining Power of PoW Blockchain Using Age-of-Work," IEEE Transactions on Cloud Computing, vol. 11, no. 3, pp. 2756–2769, Jul. 2023, doi: 10.1109/TCC.2022.3226496.
- [6] J. Yun, Y. Goh, and J.-M. Chung, "Analysis of Mining Performance Based on Mathematical Approach of PoW."
- [7] Z. Liu, S. Tang, S. S. M. Chow, Z. Liu, and Y. Long, "Fork-free hybrid consensus with flexible Proof-of-Activity," Future Generation Computer Systems, vol. 96, pp. 515–524, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.future.2019.02.059.



- [8] S. M. H. Bamakan, A. Motavali, and A. Babaei Bondarti, "A survey of blockchain consensus algorithms performance evaluation criteria," *Expert Systems with Applications*, vol. 154. Elsevier Ltd, Sep. 15, 2020. doi: 10.1016/j.eswa.2020.113385.
- [9] J. Pan, Z. Song, and W. Hao, "Development in Consensus Protocols: From PoW to PoS to DPoS," in *Proceedings - 2021 2nd International Conference on Computer Communication and Network Security, CCNS 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jul. 2021, pp. 59–64. doi: 10.1109/CCNS53852.2021.00020.
- [10] B. Mi, Y. Weng, D. Huang, Y. Liu, and Y. Gan, "A novel PoW scheme implemented by probabilistic signature for blockchain," *Computer Systems Science and Engineering*, vol. 39, no. 2, pp. 265–274, 2021, doi: 10.32604/csse.2021.017507.
- [11] N. Lasla, L. Al-Sahan, M. Abdallah, and M. Younis, "Green-PoW: An energy-efficient blockchain Proof-of-Work consensus algorithm," *Computer Networks*, vol. 214, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.comnet.2022.109118.
- [12] M. Belotti, N. Božić, G. Pujolle, and S. Secci, "A Vademecum on Blockchain Technologies: When, Which, and How," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 21, no. 4, pp. 3796–3838, Oct. 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2928178.
- [13] Institute of Electrical and Electronics Engineers and IEEE Technology and Engineering Management Society, 2017 IEEE Technology and Engineering Management Conference (TEMSCON).
- [14] E. K. Wang, Z. Liang, C. M. Chen, S. Kumari, and M. K. Khan, "PoRX: A reputation incentive scheme for blockchain consensus of IIoT," *Future Generation Computer Systems*, vol. 102, pp. 140–151, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.future.2019.08.005.
- [15] Q. Qu, R. Xu, Y. Chen, E. Blasch, and A. Aved, "Enable Fair Proof-of-Work (PoW) Consensus for Blockchains in IoT by Miner Twins (MinT)," *Future Internet*, vol. 13, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.3390/FI13110291.
- [16] D. Das, "Toward Next Generation of Blockchain Using Improved Bitcoin-NG," *IEEE Trans Comput Soc Syst*, vol. 8, no. 2, pp. 512–521, Apr. 2021, doi: 10.1109/TCSS.2021.3049477.
- [17] J. Xie, F. R. Yu, T. Huang, R. Xie, J. Liu, and Y. Liu, "A Survey on the Scalability of Blockchain Systems," *IEEE Netw*, vol. 33, no. 5, pp. 166–173, Sep. 2019, doi: 10.1109/MNET.001.1800290.
- [18] H. Chen and Y. Wang, "SSChain: A full sharding protocol for public blockchain without data migration overhead," *Pervasive Mob Comput*, vol. 59, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.pmcj.2019.101055.
- [19] N. Sohrabi and Z. Tari, "On the Scalability of Blockchain Systems," in *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Cloud Engineering, IC2E 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Apr. 2020, pp. 124–133. doi: 10.1109/IC2E48712.2020.00020.
- [20] H. Yu, I. Nikolic, R. Hou, and P. Saxena, "OHIE: Blockchain scaling made simple," in *Proceedings - IEEE Symposium on Security and Privacy*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., May 2020, pp. 90–105. doi: 10.1109/SP40000.2020.00008.
- [21] J. Yin, C. Wang, Z. Zhang, and J. Liu, "Revisiting the incentive mechanism of Bitcoin-NG," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Springer Verlag, 2018, pp. 706–719. doi: 10.1007/978-3-319-93638-3\_40.
- [22] A. S. Rajasekaran, M. Azees, and F. Al-Turjman, "A comprehensive survey on blockchain technology," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 52, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.seta.2022.102039.
- [23] Y. Sompolinsky, Y. Lewenberg, and A. Zohar, "SPECTRE: Serialization of Proof-of-work Events: Confirming Transactions via Recursive Elections."
- [24] W. Ren, J. Hu, T. Zhu, Y. Ren, and K. K. R. Choo, "A flexible method to defend against computationally resourceful miners in blockchain proof of work," *Inf Sci (N Y)*, vol. 507, pp. 161–171, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ins.2019.08.031.
- [25] Q. Feng, D. He, S. Zeadally, M. K. Khan, and N. Kumar, "A survey on privacy protection in blockchain system," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 126. Academic Press, pp. 45–58, Jan. 15, 2019. doi: 10.1016/j.jnca.2018.10.020.
- [26] T. Wang, X. Bai, H. Wang, S. C. Liew, and S. Zhang, "Game-Theoretical Analysis of Mining Strategy for Bitcoin-NG Blockchain Protocol," *IEEE Syst J*, vol. 15, no. 2, pp. 2708–2719, Jun. 2021, doi: 10.1109/JSYST.2020.3004468.
- [27] M. Foti, C. Mavromatis, and M. Vavalis, "Decentralized blockchain-based consensus for Optimal Power Flow solutions," *Appl Energy*, vol. 283, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.116100.



[28] D. Huang, X. Ma, and S. Zhang, "Performance Analysis of the Raft Consensus Algorithm for Private Blockchains," IEEE Trans Syst Man Cybern Syst, vol. 50, no. 1, pp. 172–181, Jan. 2020, doi: 10.1109/TSMC.2019.2895471.

## ÖZGEÇMİŞ

### **İrfan, SARIYILDIZ, PhD.**

1972 yılında Kırşehir'de doğdu. 1991 yılında Kuleli Askeri Lisesi'nden, 1995 yılında Sistem Mühendisi unvanıyla Harp Akademisi'nden mezun oldu. 2005 yılında Beykent Üniversitesi Uluslararası İlişkiler bölümünde Master derecesini aldı. 2006 yılında Beykent Üniversitesi Bilgisayar Bilgi Teknolojileri bölümünden Master Mühendisi unvanını kazandı. Albay olarak ordudan emekli olduktan sonra, 2022 yılında Avrupa Lefke Üniversitesi'nde doktora çalışmalarına başladı.

### **Mehtap, KÖSE ULUKÖK, Doçent Doktor**

1975 yılında İstanbul'da doğdu. 1998 yılında Doğu Akdeniz Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden Bilgisayar Mühendisi unvanıyla mezun oldu. 2000 ve 2009 yıllarında sırasıyla Doğu Akdeniz Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden Yüksek Mühendis (Dipl.-Ing.) ve Doktor Mühendis (Dr.-Ing.) unvanlarını aldı.

20'den fazla ulusal ve uluslararası makale ve konferans bildirisi yayınlanmıştır.

### **Vesile, EVRİM, Dr. Öğretim Görevlisi**

Şu anda Avrupa Lefke Üniversitesi Yazılım Mühendisliği Bölümü'nde Doktor Öğretim Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Doktora ve Yüksek Lisans derecelerini 2009 ve 2003 yıllarında Güney Kaliforniya Üniversitesi Bilgisayar Bilimi bölümünden, Yüksek Lisans ve Lisans derecelerini ise 1999 ve 2001 yıllarında Doğu Akdeniz Üniversitesi Uygulamalı Matematik ve Bilgisayar Bilimi bölümlerinden almıştır. Araştırma alanları arasında özelleştirilmiş bilgi geri alma, etkinlik tabanlı özetleme ve öneri sistemleri bulunmaktadır.



# BİR HÜCRESEL İMALAT UYGULAMASI

Hatice GÜNER<sup>1</sup>, Ali Rıza GÜNER<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> İstanbul Rumeli Üniversitesi  
hatice.guner@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4221-9495  
<sup>2\*</sup> İstanbul Rumeli Üniversitesi  
ali.guner@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8338-928X

## ÖZET

Hücresel üretim, bir üretim sisteminin bağımsız alt sistemlere ayrılması ve alt sistemlerin etkin çalışmasıyla genel sisteme hızlı uyum sağlamasıdır. Bu çalışma, hazır giyim sektöründeki işletmeler için bir hücresel üretim modeli sunar. Hazır giyim üreten bir işletmede dokuz farklı ürünün üretim süreci incelenmiş ve makine ve ürün ailesi grupları oluşturulmuştur. Önerilen hücresel yapı, gruplama etkinliği, makine kullanım oranı ve hücreler arası akış etkinliği gibi faktörlerle değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hücresel imalat, tekstil atölyesi, grup teknolojisi

## ABSTRACT

Cellular production is the separation of a production system into independent subsystems and the rapid adaptation of the subsystems to the overall system through effective operation. This study presents a cellular production model for businesses in the garment industry. The production process of nine different products in a company producing clothes was examined and machine and product family groups were created. The proposed cellular structure was evaluated by factors such as grouping efficiency, machine utilization rate, and intercellular flow efficiency.

**Keywords:** Cellular manufacturing, textile workshop, group technology

## 1 GİRİŞ

Tekstil sektöründeki rekabet, düşük maliyetli ve yüksek kaliteli ürünlerin hızlı teslimatını gerektirir. Bu yüzden, işletmeler, daha esnek, etkin ve verimli üretim sistemleri kullanmalıdır. Üretim sistemleri, belirli bir miktar ve çeşitteki girdi üzerinde ekonomik değer katacak işlemleri gerçekleştirmek için malzeme, makine, insan, metot ve çevre unsurlarını içeren sistemlerdir. Bu sistemlerin çıktıları yarı mamul veya mamul ürünlerdir. Üretim sistemleri genellikle sürekli, atölye, proje ve hücresel imalat olmak üzere dört gruba ayrılır. Bu sistemlerin farklı özellikleri, makine ve ürün çeşitleri, proses tasarımı, hazırlık süresi, stok seviyeleri ve termin süreleri gibi alanlarda görülür.

Grup teknolojisinin kullanıldığı bir atölye, üretim hücrelerinden oluşur. Her bir üretim hücresi, benzer üretim ve şekil özelliklerine sahip parçaların üretildiği küçük sistemlerdir. Bu hücrelerde, çeşitli sayılarda ve farklı tiplerde makineler ile malzeme iletim elemanları bulunur. Bu sayede benzer işleri yapan üretim tezgâhları farklı hücrelere dağıtılabilir. Hücresel imalatın ana motivasyonu, etkin ve kolayca kontrol edilebilen küçük bir sistemin avantajlarının büyük bir sisteme aktarılmasıdır.

Tüketicilerin artan ihtiyaçları, üreticilerin her gün yeni ürünler eklemesiyle üretim ortamında karmaşık rotalar, artan proses içi stoklar, dengesiz makine kullanımı ve sık ayar gereksinimi gibi sorunlar ortaya çıkmıştır. Grup teknolojisi (GT), bu sorunları azaltarak üretim sürecini basitleştirir ve esneklik ile verimliliği artırır. Hücresel imalat, küçük ve etkin sistemlerin avantajlarını büyük sistemlere taşır. Ancak, geçiş sürecinde işçi direnci ve ekipman sorunları gibi zorluklarla karşılaşılabilir. Bu çalışmada, derece sıralama ve kümeleme algoritması incelenmiş, bir tekstil atölyesindeki veriler kullanılarak hücreler oluşturulmuş ve bu hücrelerin etkinliği test edilmiştir.





## 2. METODOLOJİ

Grup teknolojisi ve hücreyel imalat yapılandırma çalışmalarında, tüm parçalar önce parça ailelerine gruplanır, ardından makineler gruplanarak imalat hücreleri oluşturulur. Hücreyel imalat sistemlerinin tasarımında, tüm üretim sisteminin hücrelere bölünmesi en önemli problemdir. Makinelerin sayısı, tipi, kapasiteleri, üretilecek parçaların tipi, sayısı ve her bir parça için rota bilgileri bilindiğinde, hangi makinelerin ve onlarla ilişkili parçaların hücreleri oluşturmak için birlikte gruplanacağı [1].

### 2.1. Derece Sıralama ve Kümeleme (ROC) Yöntemi:

Hücre oluşturma uygulamalarında en sık kullanılan yöntemlerden biri, derece sıralama ve kümeleme (ROC) algoritmasıdır. Bu algoritma King [2] tarafından geliştirilmiştir ve aşağıdaki adımları izler:

- Adım 1.** İlk olarak, n parça sayısı ve m makine sayısı olmak üzere n\*m boyutunda bir makine-parça ilişkisi ikili matrisi (b<sub>ij</sub>) oluşturulur.
- Adım 2.** Her satırın derecesi  $\sum_{i=1}^m b_{ij} * 2^{m-j}$  işlemiyle hesaplanır.
- Adım 3.** Hesaplanan satır dereceleri azalan şekilde sıralanır.
- Adım 4.** Her sütunun derecesi sütunun  $\sum_{j=1}^n b_{ij} * 2^{n-i}$  işlemiyle hesaplanır.
- Adım 5.** Hesaplanan sütun dereceleri azalan şekilde sıralanır.
- Adım 6.** Adım 3 ve 5'te farklılık varsa, Adım 2'ye dönlür. Farklılık olmadığında, algoritma durdurulur.

Bu adımlar sonucunda oluşan köşegen üzerindeki bloklar, hücreleri oluşturur.

## 3. UYGULAMA VE BULGULAR

Uygulama, askeri giyim ürünleri üreten bir fabrikada gerçekleştirilmiştir. Fabrika, yüksek miktarlarda sipariş almasından, özel ve genel amaçlı makinelerin kullanılmasına, kalifiye olmayan işgücüyle üretime kadar çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Firmanın üretim sistemi, makinelerin atölye tipi yerleştirildiği bir yapıyı benimsemektedir. Uygulamanın amacı, parça ailelerini belirlemek ve üretilen ürünlerin son halini alana kadar geçtikleri işlemleri göz önünde bulundurarak verimliliği artırmaktır. Bu doğrultuda, hücrelere atanacak parça ve makinelerin belirlenmesi için fabrikadaki üretim süreci detaylı bir şekilde incelenmiş, operasyonlar tanımlanmış, montaj aşamaları gözlemlenmiş ve operasyonların hangi makinelerde gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Uygulama için ele alınan ürünler, 9 farklı gruba ayrılmış ve bu gruplar Tablo 1'de listelenmiştir.

**Tablo 1:** Ürün grupları ve kodları

Kodu:	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Ürün:	Harici şapka	Kayık kep	Eğitim elb. ceket	Eğt. elb. pantolon	Eğt. elb. şapka	Harici elb. Pantolon	Har. elb. ceket	Rüzgâr ceketi	Takviyeli gocuk

Ürünlerin her birinde farklı beden çeşitleri vardır aynı zamanda farklı kumaşlar da söz konusudur.

### 3.1. Hücrelerin oluşturulması

Firmada, özel amaçlı (örneğin, sadece harici elbise pantolonlarında kullanılan biye makinesi gibi) ve genel amaçlı (örneğin, düz dikiş makinesi gibi) toplamda 33 çeşit tekstil makinesi tespit edilmiştir. Yalnızca belirli bir üründe kullanılan özel amaçlı makineler, her durumda ürünle aynı hücreye girmesi gerektiği için ve bütün ürünlerde kullanılan düz dikiş makinesi her hücrede ve birden fazla olması gerektiği için, işlemlerde gereksiz adımların ve karmaşıklığın önlenmesi amacıyla listeden çıkarılmıştır. Bu düzenleme sonucunda makine sayısı 18'e düşmüştür. İncelenen üretim sürecinde, parçaların işlem gördüğü makineler belirlenmiştir. Parça bir makinede işlem görüyorsa "1" olarak işaretlenmiş, aksi halde "0" olarak belirlenmiş ve oluşturulan parça-makine matrisi Tablo 2'de sunulmuştur.



**Tablo 2:** Parça-Makine 0-1 Matrisi

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
M1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
M2	0	0	1	1	0	0	1	1	1
M3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M4	0	0	0	0	0	1	1	0	0
M5	0	0	1	1	0	1	0	1	0
M6	0	0	1	1	1	0	0	1	0
M7	1	0	1	0	0	1	1	1	0
M8	1	0	0	0	0	0	1	0	0
M9	0	0	1	0	1	0	0	0	0
M10	0	0	0	1	0	0	0	1	1
M11	0	0	1	0	1	0	0	1	0
M12	0	0	1	0	0	0	0	1	0
M13	0	0	1	1	0	1	0	1	0
M14	0	0	1	0	0	0	0	1	0
M15	0	0	1	1	0	0	0	1	0
M16	0	0	1	1	0	0	0	1	1
M17	0	0	0	1	0	1	1	0	0
M18	0	0	1	0	0	1	1	1	0

### 3.2. Derece Sıralama ve Kümeleme (ROC) Yönteminin Uygulanması

Bölüm 2.1'de açıklanan derece sıralama ve kümeleme yönteminin (ROC) adımları, Tablo 3'e uygulandığında ilk olarak Tablo 3'de sunulan iki hücreli yerleşim düzeni elde edilmiştir. Bu düzenlemeyle, istisnai eleman sayısı 20, darboğaz parça sayısı 7 (P2, P3, P4, P5, P6, P8 ve P9), darboğaz makine sayısı ise 15 (M4, M8 ve M9 haricindeki makineler) adettir.

**Tablo 3:** ROC Yöntemi Sonucu

	P1	P7	P8	P6	P5	P2	P3	P9	P4
M1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
M7	1	1	1	1	0	0	1	0	0
M8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
M3	1	0	0	0	0	0	0	1	0
M18	0	1	1	1	0	0	1	0	0
M2	0	1	1	0	0	0	1	1	1
M17	0	1	0	1	0	0	0	0	1
M4	0	1	0	1	0	0	0	0	0
M5	0	0	1	1	0	0	1	0	1
M13	0	0	1	1	0	0	1	0	1
M6	0	0	1	0	1	0	1	0	1
M11	0	0	1	0	1	0	1	0	0
M16	0	0	1	0	0	0	1	1	1
M15	0	0	1	0	0	0	1	0	1
M12	0	0	1	0	0	0	1	0	0
M14	0	0	1	0	0	0	1	0	0
M10	0	0	1	0	0	0	0	1	1
M9	0	0	0	0	1	0	1	0	0

Hücreleme yöntemlerinden sonra hücre içindeki boşlukları gidermek için satır ve sütun işlemleri uygulanabilir. Bu amaçla, M2 satırında "1" olan elemanlar 2. hücrenin içine kaydırılmış, M5 satırı ise altına, P8 sütunu ise P2'nin sağına kaydırılmıştır. Sonuç olarak, Tablo 4'te gösterilen blok-köşegen matrisi elde edilmiştir. Bu düzenlemeyle, istisnai eleman sayısı 13'e, darboğaz parça sayısı 7'ye ve darboğaz makine sayısı 11'e düşmüştür (Tablo 4).



Tablo 4: ROC Yönteminin Boşluklar Giderilmiş Hali

	P1	P7	P6	P5	P2	P3	P8	P4	P9
M1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
M7	1	1	1	0	0	1	1	0	0
M8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
M18	0	1	1	0	0	1	1	0	0
M17	0	1	1	0	0	0	0	1	0
M4	0	1	1	0	0	0	0	0	0
M9	0	0	0	1	0	1	0	0	0
M3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M2	0	1	0	0	0	1	1	1	1
M5	0	0	1	0	0	1	1	1	0
M13	0	0	1	0	0	1	1	1	0
M6	0	0	0	1	0	1	1	1	0
M11	0	0	0	1	0	1	1	0	0
M16	0	0	0	0	0	1	1	1	1
M15	0	0	0	0	0	1	1	1	0
M12	0	0	0	0	0	1	1	0	0
M14	0	0	0	0	0	1	1	0	0
M10	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Makinelerin hücreler içindeki konumlandırılması, hangi makinelerin hangi hücrede bulunacağı ve hangi ürün ailelerinin hangi hücrede üretileceği belirlenmesinin ardından gerçekleştirilir. Bu işlem, hücre içinde üretilen ürünlerin akış yönünde sürekli bir akış sağlayacak şekilde düzenlenir. Bu düzenleme, parça taşıma maliyetlerini minimize etmek ve ters yönlü parça taşıma gereksinimlerini azaltmak için yapılır.

## 5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, tekstil atölyesinde hücreli imalatın uygulanabilirliği test edilmiş ve bunun için ROC yöntemi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda, 9 çeşit ürün için 2 üretim hücresi elde edilmiştir. ROC yöntemiyle elde edilen 2 hücreli sistemde hücre içi boşluklar ve istisnai elemanlar söz konusudur. Bunların sayısını azaltıcı bir iyileştirme uygulanmalı ve en ideal hücreli yapı oluşturulmalıdır. Bunun yanında, hücrelerin bireysel performansı "Kapsamlı Gruplama Etkinliği" (CGE) formülüyle ölçülebilir. Bu yöntemle, hücreler, oluşturulan hücreli yapının performansı, makine kullanım oranı, hücreler arası akış etkinliği, hücrelerin kullanım oranı, esneklik gibi çeşitli açılardan değerlendirilir. Hücre boyutunu ayarlamak içinse seyreklik, etkinlik ve verimlilik endeksleri hesaplanmalıdır.

Bir uygulamada, hücre oluşturulduktan sonra yapılması gereken işlem, makinelerin hücre içindeki yerleşimidir. Makine yerleşimi, sürekli akışı sağlayacak şekilde düzenlenmelidir. Bu dizilim, ters yönde parça taşımalarını ve hücreler arası parça taşıma maliyetlerini en aza indirecek şekilde yapılmalıdır. Ancak, bu konu çalışmanın kapsamı dışındadır. Daha sonraki çalışmalarda maliyet değişkenini konu alan araştırmalar yapılabilir.

Hücreli üretim sistemi, nitelikli işgücünü gerektirir. Bu nedenle, hizmet içi teorik ve uygulamalı eğitim programları düzenlenmeli ve iş rotasyonu ile işgören esnekliği sağlanmalıdır.

Hücreli imalat sistemini uygulayan bir hazır giyim üretim işletmesi esnek ve dinamik bir yapıya kavuşabilir, yerel pazardaki değişime ayak uydurabilir, müşteri taleplerine hızlı cevap verebilir, farklı çeşitteki ürünleri kolaylıkla üretebilir, zaman kayıplarını azaltarak üretim maliyetlerini düşürebilir ve işletme kaynaklarını daha etkin kullanabilir.



## KAYNAKLAR

- [1]. Wu, N. & Salvendy, G. (1999) An efficient heuristic for the design of cellular manufacturing systems with multiple identical machines, International Journal of Production Research, 37:15  
[2] King, J.R. (1980). Machine-component grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm, IJPR Vol. 18, Issue 2, 213-232

## ÖZGEÇMİŞ

### **Hatice GÜNER, Dr. Öğr. Üyesi**

Hatice Güner, lisans ve yüksek lisans eğitimini Endüstri Mühendisliği üzerine tamamladı. Doktorasını Wayne State Üniversitesi, Michigan, ABD'de "Üretim hatlarında verimlilik analizi ve darboğaz yönetimi" başlıklı teziyle tamamladı.

2012-2013 yılları arasında Katar Üniversitesi'nde araştırmacı, ardından özel bir üniversitede yardımcı doçent olarak çalıştı. Halen İstanbul Rumeli Üniversitesi'nde doktor öğretim üyesi olarak akademik çalışmalarına devam etmektedir. Yazarın araştırma ilgi alanları optimizasyon ve simülasyon teknikleri, üretim sistemi tasarımı ve operasyon yönetimidir.

### **Ali Rıza GÜNER, Dr. Öğr. Üyesi**

Ali Rıza Güner, lisans derecesini 2004 yılında Yıldız Teknik Üniversitesi'nden, doktorasını ise 2011 yılında Wayne State Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden almıştır. Doktora çalışması sırasında Akıllı Ulaşım Sistemleri verilerini kullanarak dinamik yönlendirme üzerine çalıştı.

2020 yılında İstanbul Rumeli Üniversitesi'ne yardımcı doçent olarak katılmadan önce akademi ve sanayide farklı pozisyonlarda çalıştı. Araştırma ilgi alanları, yöneylem araştırması tekniklerinin taşımacılık, lojistik ve tedarik zinciri problemleri üzerindeki uygulamalarıdır.



# Çevre Emniyeti, Güvenliği ve Sürdürülebilirlik için Nanoteknoloji: Süreçler, Malzemeler ve Cihazlardaki Son Gelişmeler

Stefan KARTUNOV\*

\* Em. Prof. Dr-Ing., TU of Gabrovo, Bulgaria,  
[skartunov@abv.bg](mailto:skartunov@abv.bg), ORCID:0000-0001-7709-9369

## ÖZET

Bu bilimsel iletişim, yazarın ekolojide nanoteknoloji alanındaki araştırmasını sunar. NEMS'in yaratılmasındaki eğilimler, nanokompozitlerin ekolojide uygulanması ve bunlarla ilgili eğitim tanımlanmıştır. "Ekoloji ve makul çevre" alanında nanoteknolojilerin geliştirilmesindeki bakış açıları ve riskler belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekoloji, nano teknoloji, NEMS

## ABSTRACT

This scientific communication presents the author's research in the field of nanotechnology in ecology. The trends in the creation of NEMS, the application of nanocomposites in ecology and the training on them are defined. Perspectives and risks in the development of nanotechnologies in the field of "Ecology and reasonable environment" are stated.

**Keywords:** ecology, nanotechnology, NEMS

## 1 GİRİŞ

Nanoteknolojinin son derece dinamik ve yenilikçi ortamında ve yeni uygulamalara yönelik sürekli artan talepte, bu bilimsel iletişim, yazarın konuyla ilgili araştırmasını sunmaktadır. Nanomalzemelerin, teknolojilerin ve NEMS'in (NanoElektroMekanik Sistemler) geliştirilmesi, ekolojide MEMS'in (MikroElektroMekanik Sistemler) doğal bir uzantısıdır [1]. Şu anda NEMS'e dönüşüyorlar. MEMS'in evriminin bir sonucu olarak, sistemlerin mekanik bileşenlerinde nano boyuta bir azalma olur, etkileşim parametrelerindeki kütleleri ve değerleri azalır ve rezonans frekansları artar, bu da işlevselliklerinde önemli bir artış anlamına gelir.

Nanoteknolojinin durumu ile ilgili araştırmalar yıllar içinde yayınlanmıştır [2, 3, 4]. Nanoteknolojide, nanonesneler (nanoelementler) ve nanomalzemeler, hem nanoteknoloji hem de malzemelerin fonksiyonel parametreleri ile ayırt edilir, ancak çoğu zaman bu bölünme ikili bir yapıya sahiptir. Nanomalzemelerin türlerine, teknoloji türlerine ve üretim ve araştırma yöntemlerine göre alt bölümlere ayrılması [5]'te verilmiştir. Nanoteknolojinin uygulama alanları da bu kaynakta temsil edilmektedir ve burada "Çevre, mühendislik ve izleme, yazılım geliştirme" şüphesiz düşmektedir.





## 2. MARUZ KALMA.

Şu anda, NEMS'in yaratılmasındaki 2 eğilim ayırt edilebilir: MEMS'in boyutunun küçültülmesi ve moleküler bileşiklere dayalı temelde yeni cihazlar geliştirilmesi. İlk yaklaşım, elektronik litografi, iyon aşındırma ve diğerleri gibi uygulamalı teknolojik süreçlerin sınırlı çözümünden kaynaklanan zorluklarla ilgilidir. İkinci yaklaşıma göre, taramalı prob mikroskoplarında, nano ölçeklerde, nanoaktüatörlerde ve sensörlerde iğne (konsol) olarak kullanılan salınım frekansı 10 GHz'in üzerinde olan nanorezonatörler geliştirilmektedir. Bu yaklaşımın pratikliği, NEMS'in düşük enerji tüketimi, piezo veya elektrostatik etkinin uygulanması ve elektriksel, termal veya kimyasal bir şekilde enerji temini ile de doğrulanmaktadır.

Nanomalzemeler ve teknolojilerin incelenmesi aşağıdaki kaynaklarda [6, 7, 8, 9, 10] ve özellikle silikon bazlı nanokompozitlerin ekoloji ve enerjide uygulanması - [11, 12] 'de yayınlanmıştır. Nanokompozitler hakkında bir eğitim [13]'te sunulmuştur.

## 3. SONUÇ.

"Ekoloji ve makul bir çevre" alanında nanoteknolojilerin geliştirilmesinde beklentiler ve riskler: Ekosferin moleküler sanitasyon robotları ile doygunluğu pahasına, insan faaliyetlerinden kaynaklanan atıkların hammaddeye dönüştürülmesi pahasına, ayrıca sanayi ve tarımın atıksız nanoteknolojik yöntemlerle yeniden silahlanması pahasına bu alanda niteliksel bir sıçrama beklenebilir. Mantıksal nanoelementlerin çevrenin niteliklerinde uygulanması, ikincisi "makul" ve kişi için daha rahat hale gelecektir.

## LITERATURE

- [1] Kartunov S., Micro-electromechanical Systems in the Ecology, Rezegne, 8. International Conference "Environment. Technology. Resources", © Rēzeknes Augstskola, Rēzekne, RA Izdevniecība, 2011, ISSN 1691-5402, ISBN 978-9984-44-071-2 Volume 1, p.163-172, BD „SCOPUS”, zdb.ru.lv/conferences/3/VTR8\_II\_163.pdf
- [2] Къртунов С. Състояние и тенденции в развитието на водещите технологии за изделия от микро - и нанотехниката, Mikro ve nanoteknoloji ürünlerine yönelik önde gelen teknolojilerin geliştirilmesindeki durum ve eğilimler, Габрово, ЮНС "35 г. катедра МУ", 2003, стр. 23 (in Bulgarian)
- [3] Kartunov S., State, applications and tendencies in the advance of novelty nanotechnologies, Vraneska Bania, 5. IK "RADMI-2005", 2005, ISBN 86-83803-20-1, p.53-58
- [4] Kartunov S., Нанотехнологиите – древни и съвременни спътници в развитието на човечеството (един спомен за бъдещето), Nanoteknoloji - insanlığın gelişimindeki eski ve modern yoldaşlar (gelecek için bir anı), Созопол, НК с МУ „АДП-12”, ISSN 1310-3946, стр. 38-45 (in Bulgarian)
- [5] Къртунов С., Технологични основи в мехатрониката, микро- и наносистемната техника, Mekatronik, mikro ve nanosistem mühendisliğindeki teknolojik temeller, Габрово, УИ „В. Априлов”, 2012, ISBN 978-954-683-482-9, стр. 383, COBISS.BG-ID – 1259450340 (in Bulgarian)
- [6] Къртунов С. (ръководител), Изследване на нанокomпозити на силициевии структури за приложение в мехатрониката, Mekatronikte uygulamaya yönelik silikon yapıların nanokompozitleri üzerine araştırma, Договор М-1722/2017 към УЦНИТ на ТУ-Габрово, 1800 лв. стойност на проекта, 2017 (in Bulgarian)
- [7] Къртунов С., Б. Боев, Физико-механични характеристики на нанокomпозитни материали на база силициевии структури, част I и II, Silikon yapılaraya dayalı nanokompozit malzemelerin fiziko-mekanik özellikleri, Созопол, XXVI МНТК АДП, Научни известия на НТС по машиностроене, 2017, ISSN 1310-3946, p. 36-41-46 (in Bulgarian)
- [8] Къртунов С., Влияние на съставните метали върху свойствата на нанокomпозитите на база силициевии структури и титанов двуокис, синтезирани за слънчеви колектори, част I, Güneş kolektörleri için sentezlenen silikon yapılaraya ve titanyum dioksitine dayalı nanokompozitlerin özellikleri üzerinde bileşen metallerin etkisi, Габрово, международна научна конференция „УНИТЕХ”17, 2017, стр. 273-280, Pr. III, ISSN 1313-230X (in Bulgarian)



- [9] Къртунов С., Влияние на съставните метали върху свойствата на нано-композитите на база силициеве структури и титанов двуокис, синтезирани за слънчеви колектори, част II, Güneş kolektörleri için sentezlenen silikon yapıları ve titanyum dioksite dayalı nanokompozitlerin özellikleri üzerinde bileşen metallerin etkisi, Габрово, международна научна конференция „УНИТЕХ”17, 2017, стр. 281-288, Pr. III ISSN 1313-230X (in Bulgarian)
- [10] Kartunov S., Effect of Noble Metals on the Properties of Nanocomposites Based on Silicon Structures and Titanium Dioxide, Synthesized for Solarcollectors, Zlatibor, RADMI-17, 2017, p. 155-159, A-5, ISBN 978-86-6075-062-6
- [11] Kartunov Stefan, Application of Nanocomposites of Silicon Base in Ecology and Energy, Zurich, 6. IRED-Conference “CSM Engineering”, Publisher IRED, 2018, ISBN 978-1-63248-150-4, p. 100-103, BD SEEK, DOI: 10.15224/978-1-63248-150-4-50
- [12] Kartunov S., Study of Nanocomposites of Silicon Structures for use in Mechatronics, Journal Modern Concepts in Material Science, San Francisco, Irish Publishers, Volume 2-Issue 5, 04.03.2020, ISSN: 2692-5397, p. 1 - 4, <https://irispublishers.com/mcms/pdf/MCMS.MS.ID.000549.pdf>, DOI: 10.33552/MCMS.2020.02.000549
- [13] Kartunov S., D. Izvorska, Teaching about Polymer and Hybrid Nanocomposites in Engineering Degree Courses at TU-Gabrovo BG, Cacak, Faculty of Technical Sciences, Proceeding 38. Int. Conference ICPE-S, ISBN 978-86-7776-252-0, p. 282-287

## ÖZGEÇMİŞ

Prof.Dr. Stefan Kartunov, 13 Mayıs 1956'da Bulgaristan'ın Gabrovo şehrinde doğdu. TMET "D-r Mezunu N. Vasiliadi" ve 1977'den 1982'ye kadar Gabrovo Teknik Üniversitesi'nde "Hassas Mühendislik" dersini takip etti. 1982'den 1988'e kadar Gabrovo Enstitüsü "Mekatronik" te teknoloji uzmanı ve önde gelen teknoloji uzmanı olarak çalıştı. Doktora derecesi, 1992 yılında Sofya Teknik Üniversitesi'nde "Teknolojik süreçlerin yardımcı tasarımı" konulu tezini başarıyla savunmuştur. 2000 yılında "Üretim Teknolojileri" spesifikasyonunda habilitasyon. Halen "Bilgisayar Destekli Tasarım" TU- Gabrovo alanında profesördür. 20 kitap yayınladı ve 150'den fazla makale ve rapor yayınladı. Araştırma ilgi alanları mikro ve nanoteknolojide CAD/CAM sistemleri ve bunların elemanları için tasarım süreçleridir. 2021'den itibaren emekli profesör, Gabrovo Teknik Üniversitesi, Bulgaristan.



# TÜRKİYE CO<sub>2</sub> EMİSYON TAHMİNLEMESİ VE OECD KİYASLAMASI: ANFİS İLE BİR UYGULAMA

Abdullah Zübeyr ŞEKERCİ<sup>1</sup>, Selin SONER KARA<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> İstanbul Rumeli Üniversitesi  
azubeyr.sekerci@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4181-0387  
<sup>2\*</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi  
ssoner@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0894-0772

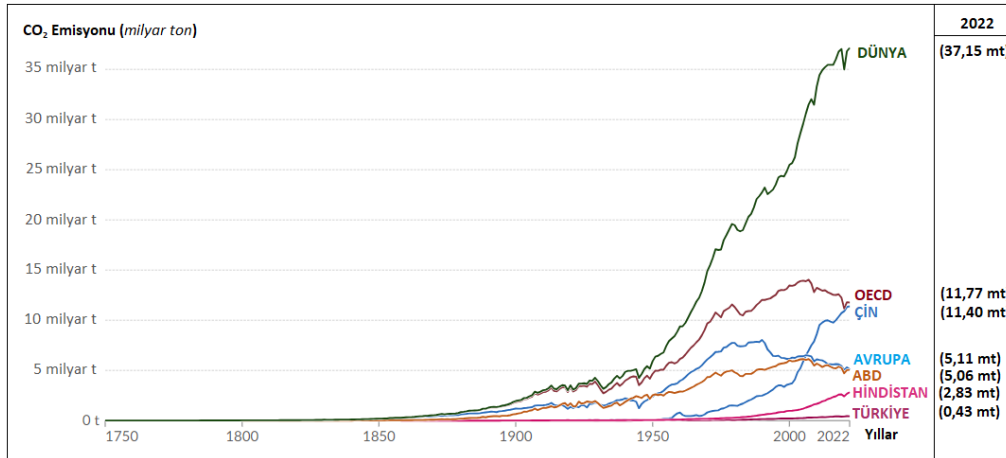
## ÖZET

Günümüzde iklim değişiklikleri ve yerküre sıcaklığı küresel çapta yoğunlaşmaktadır ve bu olumsuz durumun etkileri üzerine hem bilim hem pratik alanda engelleyici çalışmaların sayısı artmaktadır. Bu durumun ana sorumlusu olan Çin, Amerika, Hindistan ve Avrupa ülkeleri emisyonun çoğunu oluşturmaktadır. Paris İklim Anlaşması ya da Kyoto Protokolü gibi deklarasyonlar emisyon sıralamasına paralel olarak yükümlülük şart koşmalıdır. Bu bağlamda çalışmamızda literatürde sıklıkla kullanılan üç girdi ve bir çıktı ele alınarak Uyarlamalı Ağ Tabanlı Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFİS) ile Türkiye için 2025-2027-2030 yılları CO<sub>2</sub> emisyonu tahminlenmektedir. Aynı tahminleme OECD geneli, ABD ve ÇİN için de yapılmıştır. Sonrasında rakamlar kıyaslanarak mevcut emisyon üretim yoğunluğuna göre ülke-bölge bazlı grafiği ortaya konmuştur. Bu grafiğe göre dünya ortalamasının çok altında emisyonla sahip olan Türkiye gibi ülkelerin çok yüksek emisyonla sahip ülkeler ile aynı şartlara tabi olmaları gerektiği ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** CO<sub>2</sub> Emisyonu, Tahminleme, ANFİS, OECD.

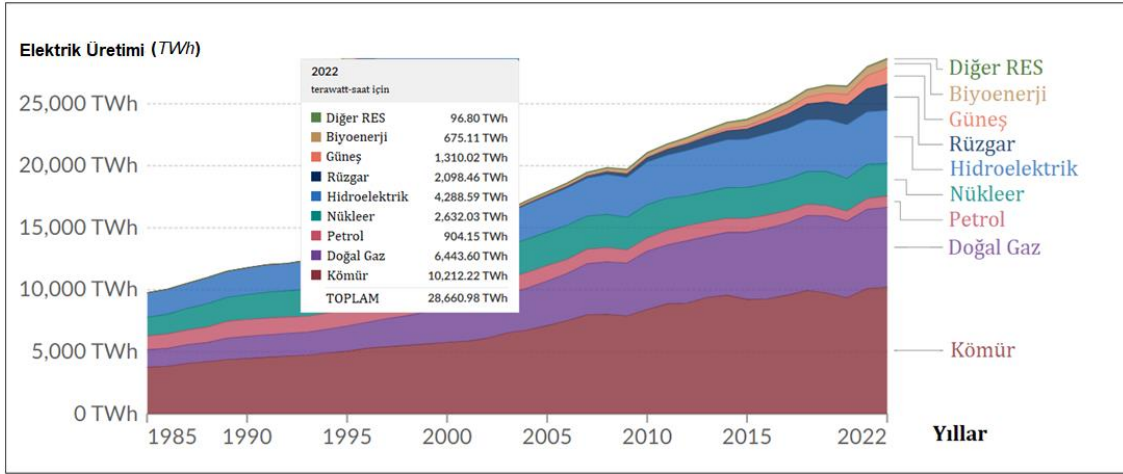
## 1. GİRİŞ

Günümüzde sanayileşme en hızlı dönemini geçirmektedir. Bu durum büyük bir fosil yakıt (FY) tüketimini beraberinde getirmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) gibi enerji politikası oluşturan kurumların yenilenebilir enerji kaynaklarına (YEK) yönlendirme çağrısına olumlu yanıtlar artmasına rağmen çoğu fosil kaynaklı olan CO<sub>2</sub> emisyon oranı azalmamaktadır. Aksine artış devam etmektedir. Bu artışa bağlı olarak yüzey sıcaklığı da artmaya devam etmektedir. Bu artış Şekil 1'deki grafikte gösterilmektedir.



Şekil 1. 1750-2022 Dünya CO<sub>2</sub> Emisyonları [1]

Şekil 1’de görüldüğü gibi 18. yy’dan itibaren 20.yy’ın başlarına kadar CO<sub>2</sub> emisyonunda fazla bir artış mevcut değildir. Ancak endüstrileşmenin henüz başladığı ve hızla yükseldiği 19.yy’da yüzyılda emisyon miktarı olanca hızıyla artmıştır. Mevcut endüstrileşmenin emisyonları artırmasının asıl sebebi çoğunlukla kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtları kullanıyor olmasıdır. Bu bağlamda Şekil 2 dünya genelinde elektrik üretiminden salınan CO<sub>2</sub> miktarlarını FY-YEK kaynaklarına göre göstermektedir.



Şekil 2. 1785-2022 Kaynaklara Göre Dünya Elektrik Üretimi İçin CO<sub>2</sub> Emisyonları [2]

Şekil 2’de görüldüğü gibi FY, elektrik üretiminde toplam kaynağın %61,27’sine denk gelmektedir. Bu oran yüksek bir miktarı ifade etmektedir. Bugün dünyada küresel sıcaklığı tetikleyen ve iklimi bozan bu emisyon artışını engellemek ve azaltmak üzere UEA gibi kurumlar çağrıda bulunmaktadır. Türkiye’nin de taraf olduğu 2009’da imzalanan Kyoto Protokolü’ne 144 ülke [3] ve 2016’da imzalanan Paris İklim Anlaşması’na 175 ülke imza atmıştır [4]. Bununla beraber bu protokol metinlerinde katılımcı tüm ülkelere ortak bir çağrı vardır ve emisyon miktarı daha yüksek ülkeler ile düşük ülkeler aynı şartlara tabidir. Bu durum ülkelerin kadramayacağı bir yükümlülüğü şart koşturmaktadır. Örnek olarak Şekil 1’e göre OECD ülkesi CO<sub>2</sub> emisyonu 11,77 mt iken OECD ülkeleri içinden olan Türkiye’nin toplam CO<sub>2</sub> emisyonu 0,43 mt’dur. Bu emisyonun çoğunu oluşturan ülkeler daha fazla yükümlülük altına girmek durumundadır. Başka bir örnek olarak ABD ve ÇİN toplamda dünya emisyonunun yarısını oluşturdukları için mevcut yükümlülüğün yarısını almaları gerekir.

Çalışmamız ülkelerin emisyonu azaltmada izlenecek yol için bir öneri niteliğindedir. Oluşturulan emisyon miktarı kadar yükümlülüğü öngörmektedir. Bu bağlamda Türkiye için 2023-25-30 emisyon tahminleri yapmakta ve bu sonuçları OECD, ABD ve ÇİN gelecek projeksiyonu ile kıyaslamaktadır. Bu işlemi yaparken literatürden seçilen üç girdi ve bir çıktı kullanılarak ANFIS ile tahminleme yapılmıştır. Sonuç olarak gelecekte de emisyon miktarları benzer olduğundan protokol yükümlülüklerinin bu miktarlara göre belirlenmesi gerektiği ortaya konmuştur.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatürde çalışmamıza benzer olarak ANFIS ya da yapay sinir ağları (YSA) ile yapılan emisyon tahminleme çalışmaları yer almaktadır. Rodrigues vd. 2009 yılında yayınladıkları çalışmada NA ve GH verilerinin 37 yıllık bilgisini girdi, CO<sub>2</sub> verilerinin 37 yıllık bilgilerini ise çıktı olarak kullanarak ANFIS ile Brezilya için CO<sub>2</sub> ET yapmıştır. Mardani vd. 2019 yılında yayınladıkları çalışmada YE tüketimi ile CO<sub>2</sub> emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemek için G8+5 ülkelerinin CO<sub>2</sub> emisyonlarını tahminlemiştir. Tahminleme işleminde YE tüketimi, CO<sub>2</sub> emisyonu ve ekonomik gelişim girdi olarak ele alınırken CO<sub>2</sub> emisyonu çıktı olarak ele alınmıştır. Jena vd. 2021 yılında yayınladıkları çalışmada 17 ülkeyi emisyon salınımlarına göre sınıflandırmış ve ANFIS ile gelecek tahminlemesinde bulunmuştur. NA, GH verilerini girdi olarak ele alırken CO<sub>2</sub> verilerini çıktı olarak ele almıştır. Ülkelerin mevcut ve gelecek emisyon seviyelerine göre protokol metinlerine uyma durumlarını incelemiştir.



**Tablo 1.** Literatür Taraması

Yazar(lar)	Yıl	Uygulama*	Metod**
Auffhammer ve Carson [5]	2008	Çin- CO <sub>2</sub> ET	ÇKE Test
Rodrigues vd. [6]	2009	Brazilya- CO <sub>2</sub> ET	ANFIS
Li d. [7]	2010	ÇİN CO <sub>2</sub> ET	YSA
Arouri vd. [8]	2012	MENA CO <sub>2</sub> ET	ÇKE Test
Yuan vd. [9]	2014	ÇİN CO <sub>2</sub> ET	ÇKE Test
Bozkurt ve Okumuş [10]	2015	Türkiye CO <sub>2</sub> ET	ÇKE Test
Appiah vd. [11]	2018	ÇİN CO <sub>2</sub> ET	YSA
Khan ve Khan [12]	2019	Pakistan CO <sub>2</sub> ET	ANFIS & YSA
Mardani vd. [13]	2019	G5+8 CO <sub>2</sub> ET	ANFIS & ÇKE
Jena et al. [15]	2021	17 Ülke CO <sub>2</sub> ET	YSA
Abdullah and Pauzi [16]	2021	CO <sub>2</sub> ET	ANFIS
Mutascu [17]	2022	ABD CO <sub>2</sub> ET	YSA

\*ET: Emisyon Tahmini

\*\*ÇKE: Çevresel Kuznets Eğrisi

**Tablo 2.** Literatürdeki Girdi ve Çıktı Kullanımı

Yazar(lar)	Girdiler*						Çıktı**
	NA	GH	EF	EK	SC	TA	CO <sub>2</sub>
Auffhammer ve Carson [5]							√
Rodrigues vd. [6]	√	√					√
Li d. [7]				√			√
Arouri vd. [8]		√		√			√
Yuan vd. [9]		√		√			√
Bozkurt ve Okumuş [10]	√	√		√		√	√
Appiah vd. [11]	√	√		√		√	√
Khan ve Khan [12]				√	√		√
Mardani vd. [13]		√		√			√
Jena vd. [15]	√	√				√	√
Abdullah ve Pauzi [16]	√	√					√
Mutascu [17]				√			√
<b>TOPLAM</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>12</b>

\*NA: Nüfus Artışı, GH: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla, EF: Enerji Fiyatları, EK: Enerji Kullanımı, SC: Sıcaklık, TA: Ticari Açıklık.

\*\*CO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub> Emisyonu

Literatür taraması belirtildikten sonra çalışmanın ve uygulamanın metodolojisi aşağıdaki bölümde anlatılmaktadır.

### 3. METODOLOJİ

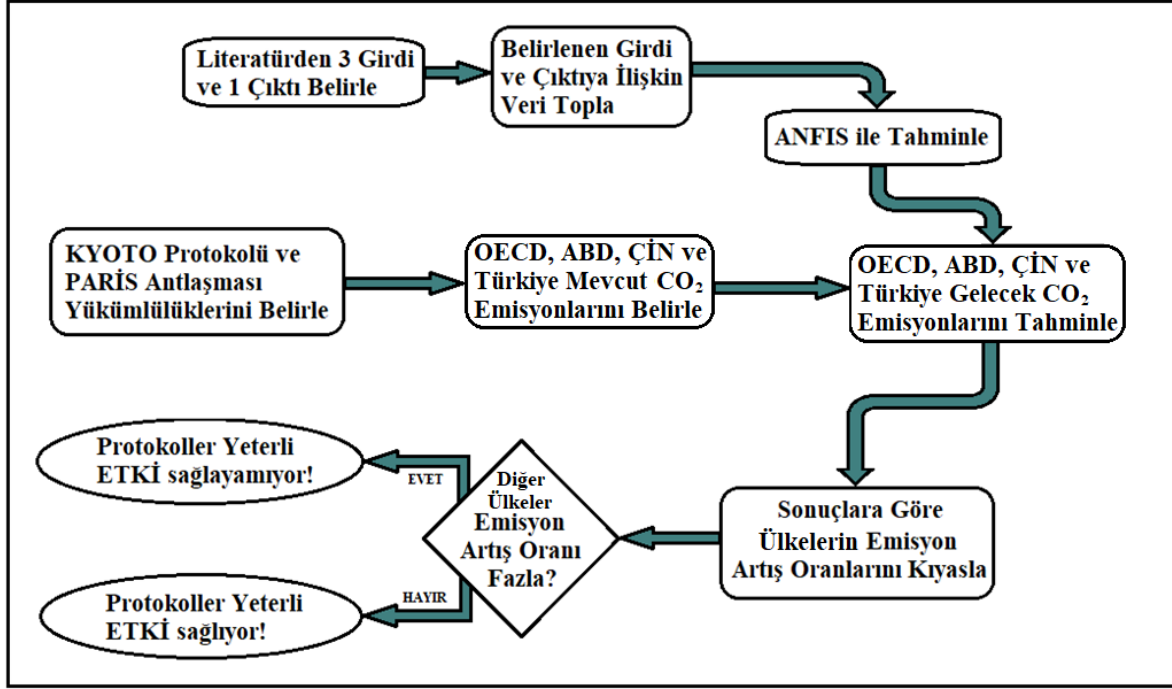
Bu başlık altında hem uygulamanın hem de çalışmanın metodolojisi anlatılmaktadır.

#### 3.1. Çalışmanın Metodolojisi

Çalışmamız yukarıda belirtildiği gibi bir tahminleme uygulamasından oluşmaktadır. Tahmin sonuçlarını uluslararası enerji politikası belirleyen Kyoto Protokolü'nü ve Paris Anlaşması'nı analiz etmek için kullanılmaktadır.

Tahminleme uygulamasında Tablo 2'deki literatürde en yoğun kullanılan üç girdi ile bir çıktı ANFIS metoduyla kullanılmıştır. 2023-25-30 tahminleri ortaya konmuştur. Bu sonuçlara göre protokollerin analizi yapılmıştır. Bu metodolojiyi gösteren iş akışı Şekil 3'te gösterilmektedir.



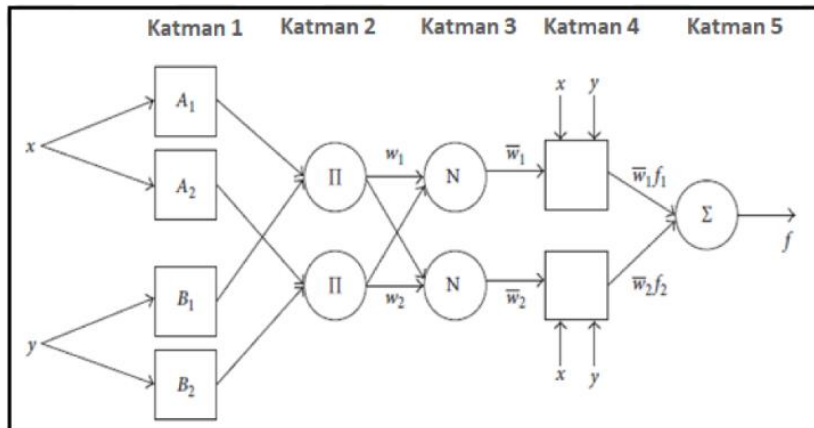


Şekil 3. Çalışmanın Metodolojik Akış Diyagramı

Şekil 3'te gösterilen çalışmaya uygun olarak ortaya koyacağımız çalışmamızın uygulama kısmının metodolojisi de aşağıdaki başlık altında anlatılmıştır.

### 3.2. Uygulamanın Metodolojisi

ANFIS, bulanık mantıkla YSA'nın entegrasyonundan oluşmaktadır. Giriş bilgileri üyelik fonksiyonu ile ifade edilmektedir. Aynı zamanda ileri-geri besleme ve hata düzeltme yöntemleri ile YSA'nın özelliklerini kullanmaktadır. Bu şekilde sağlam ve %90 oranında doğruluğa sahip bir yapısı vardır [18]. ANFIS modelinin katmanlı yapısı Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. ANFIS Modelinin Katmanlı Yapısı [19].

ANFIS sürecindeki matematiksel işlemleri aşağıda maddelenmiştir [13]:

Katman 1: Girdilerin üyelik dereceleri belirtilmektedir:



$$o_i^1 = \mu_{A_i}(x), i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Üyelik dereceleri düşük, orta, yüksek derecededir. Üyelik fonksiyonlarına ait grafik çan eğrisi şeklinde gösterilebilir:

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-c_i}{a_i}\right)^{2b_i}} \quad (2)$$

**Katman 2:** Veriler bulanıklaştırma sürecine sokulur ve birbiri ile bağıntı oluşturur:

$$o_i^2 = \omega_i = \mu_{A_i}(x) * \mu_{B_i}(x), i = 1, 2, \dots \quad (3)$$

**Katman 3:** “ $\omega_i$ ” değerleri normalize edilir.

$$o_i^3 = \bar{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}, i = 1, 2, \dots \quad (4)$$

**Katman 4:** Durulaştırmadan önceki katmandır. Normalleştirilen kurallar, çıktı işlevlerinin katkısını alır.

$$o_i^4 = \bar{\omega}_i f_i = \bar{\omega}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (5)$$

Burada;

$\bar{\omega}_i$  : Katman 3 çıktısı

$p_i, q_i, r_i$  : En küçük kareler yöntemiyle hesaplanan bu değerler soncul parametreler

olarak belirtilir.

**Katman 5:** Tüm çıktı toplamı hesaplanır:

$$o_i^5 = \sum \bar{\omega}_i f_i \quad (6)$$

Matematik süreçleri yukarıdaki maddelerde belirtilen ANFIS yapısının işleyişi Tablo 3'te gösterilmektedir.

**Tablo 3.** ANFIS Modelinin İşleyişi [20]

	İLERİ BESLEME	GERİ BESLEME
ÖNCÜL PARAMETRELER	Sabit	Gradyan İnişi
FİNAL PARAMETRELER	En Küçük Kareler	Sabit
SİNYAL	Düğüm Çıktıları	Hata Sinyali

ANFIS modelinde üyelik fonksiyon sayısı “n”, girdi sayısı “x” ve kural sayısı “y” ise:

$$y = n^x \quad (7)$$

olarak ifade edilir.

#### 4. UYGULAMA

Uygulamamız temelde Paris İklim Antlaşması ve Kyoto Protokolü'nün ülkelere yüklediği sorumlulukların uygunluğunu araştırmaktadır. Bu bağlamda ele aldığı ülke Türkiye, topluluk ise OECD'dir. Türkiye'nin içinde bulunduğu OECD ülkeleri CO<sub>2</sub> emisyonu Türkiye'den yüksekte seyretmektedir. Buna ek olarak Şekil 1'e göre dünya CO<sub>2</sub> emisyonunun yarısını üreten ABD ve Çin için de aynı sorumluluklar geçerlidir.

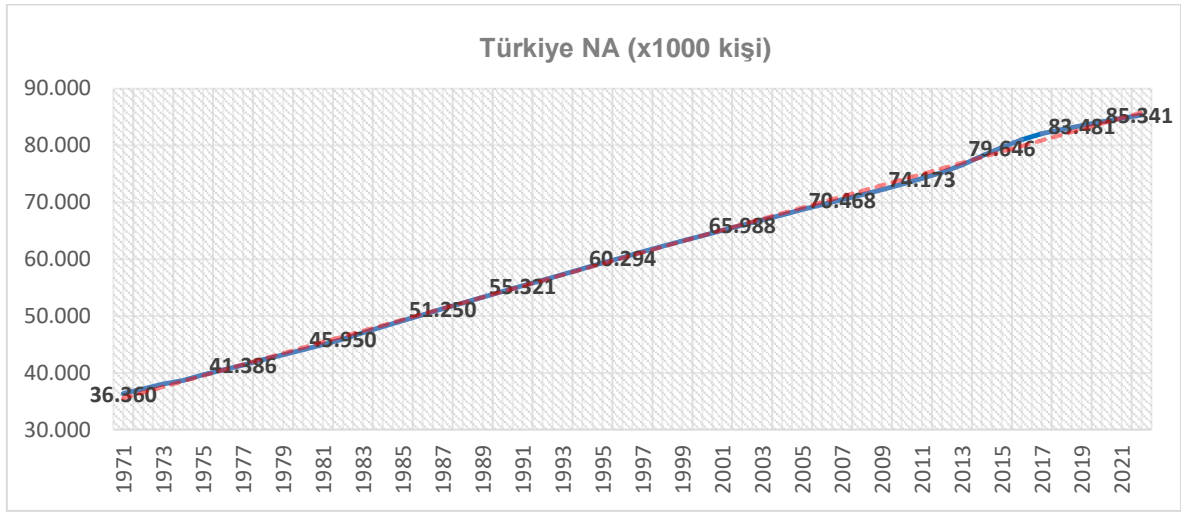


Bu bağlamda çalışmamız, söz konusu protokollerin 2023-25-30 yılları için Türkiye ve diğer ülkelerin emisyonlarını inceleyerek bunlardaki artış-azalış oranlarına göre karar vermektedir. Karar verdiği nokta protokollerin ne kadar etkili olduğudur.

Çalışmamızda kullanılan yöntem ANFIS'tir. Şekil 3'teki çalışma metodolojisine uygun olarak öncelikle literatürde en çok kullanılan üç girdiye dair veri toplanmıştır. Bu üç girdi, NA, GH ve EK olmuştur. Çıktı ise CO<sub>2</sub>'dir. Bu veriler öncelikle Türkiye, sonrasında OECD için ayrı başlıklar altında incelenecektir.

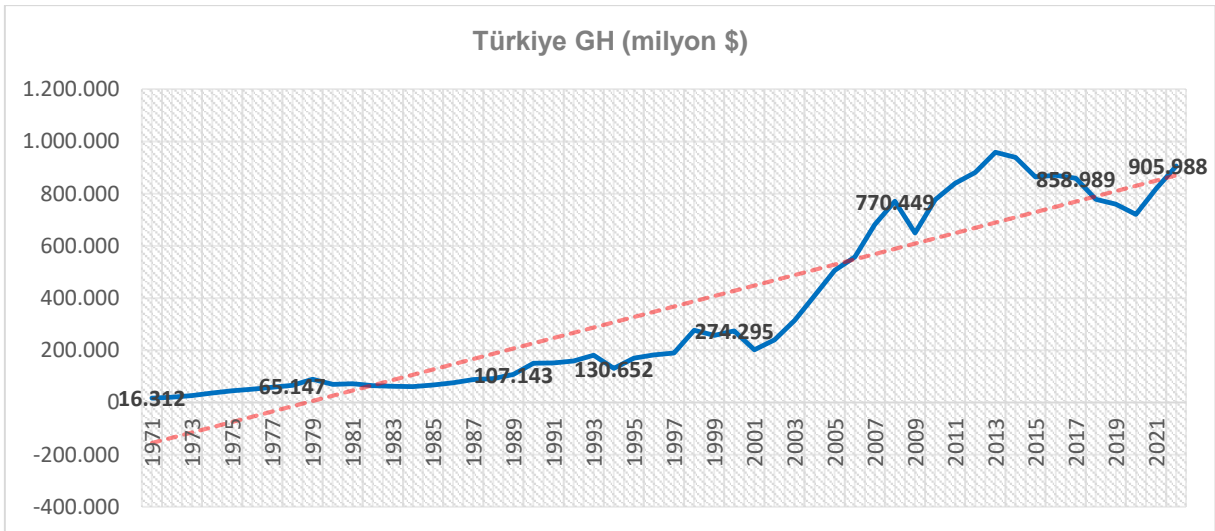
#### 4.1. Türkiye için Uygulama

Söz konusu üç verinin Türkiye için Dünya Bankası'ndan [21] toplanan 1971-2022 arası bilgilerine ait grafik Şekil 4, 5 ve 6'da gösterilmektedir. İlaveten aynı yıllara ait CO<sub>2</sub> emisyon grafiği Şekil 7'de gösterilmektedir.



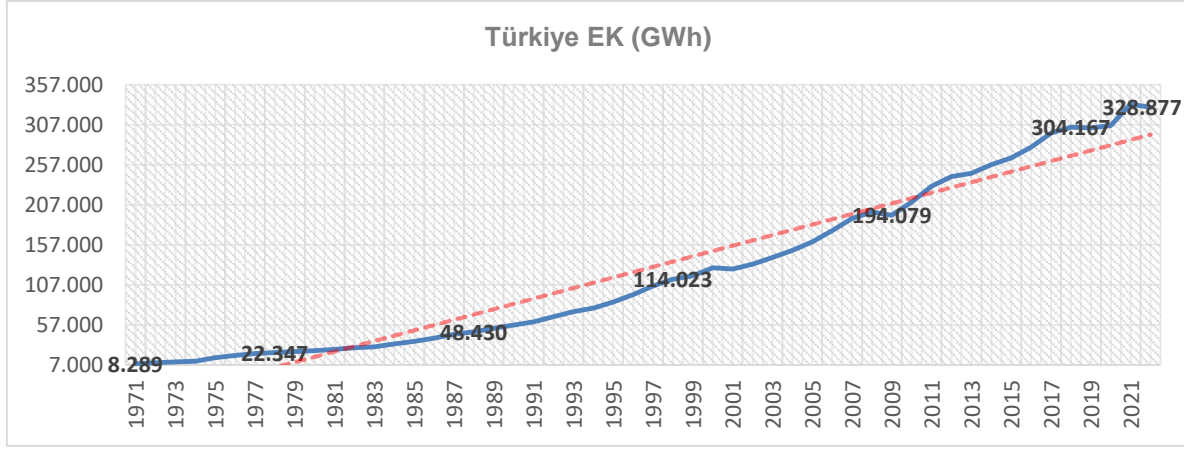
Şekil 4. Türkiye NA (1971-2022) [21]

Türkiye GH 1971-2022 arası bilgilerine ait grafik Şekil 5'te gösterilmektedir.



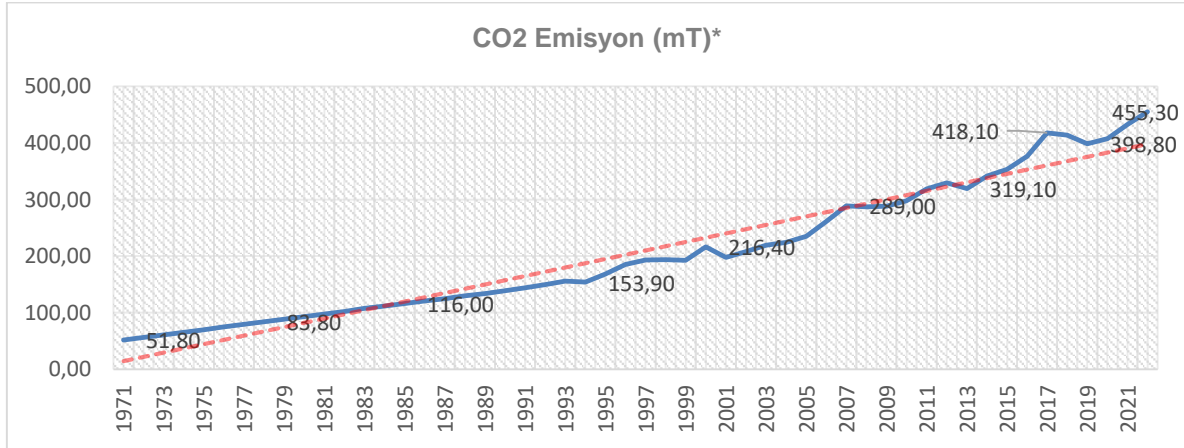
Şekil 5. Türkiye GH (1971-2022) [21]

Türkiye EK 1971-2022 arası bilgilerine ait grafik Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Türkiye EK (1971-2022) [21]

Türkiye CO<sub>2</sub> emisyonu 1971-2022 arası bilgilerine ait grafik Şekil 7’de gösterilmektedir.



\*mT: megaton

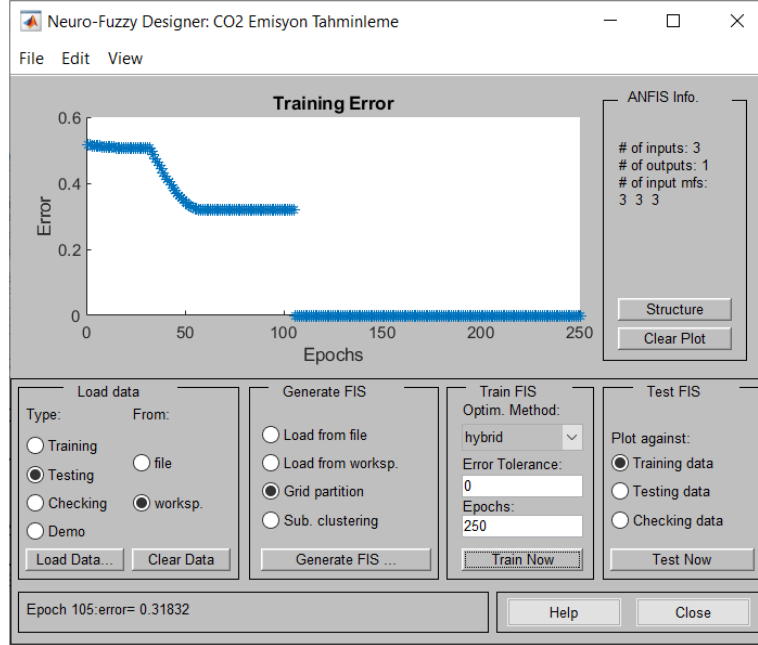
Şekil 7. Türkiye CO<sub>2</sub> (1971-2022) [21]

Yukarıda belirtilen veriler MATLAB programında Fuzzy Logic Toolbox paketinde ANFIS girdi ve çıktısı olarak kullanılmıştır. Veriler literatürdeki genel kullanımına uygun olarak [20] %70 eğitim ve %30 test verisi olarak kullanılmıştır. Veriler 250 defada farklı üyelik fonksiyonları ile test edildiğinde farklı hata toleransları elde edilmiştir. En az hatayı veren üyelik fonksiyonu tipi ve alt kümesi tahminleme uygulamamız için seçilmiştir. Tablo 4 en az hatayı veren ANFIS üyelik fonksiyonu ve çeşidini göstermektedir.

Tablo 4. ANFIS Üyelik Fonksiyonu Belirleme

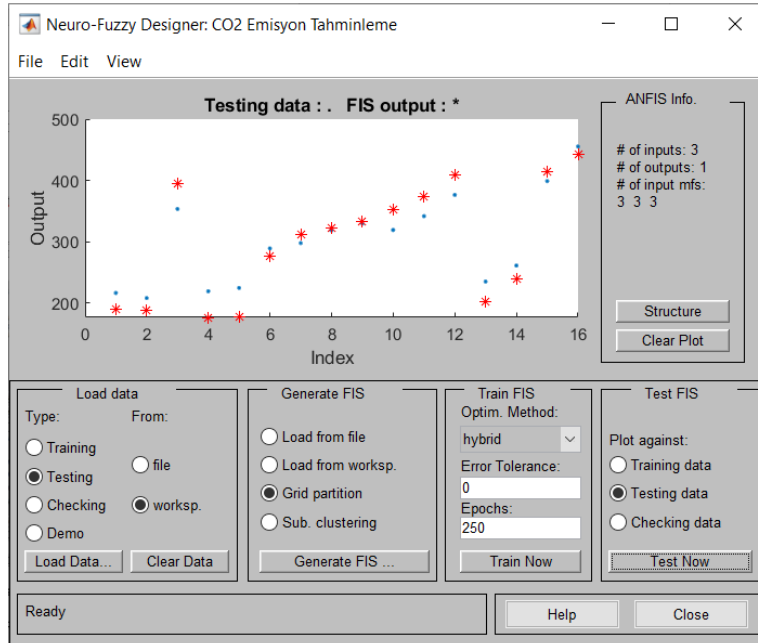
Üyelik İsmi	Üyelik Tipi	Üyelik Alt Kümesi	Hata değeri	HATA sıralama
Triangle MF	trimf	3-3-3	0,31832	min.
Triangle MF	trimf	4-4-4	0,82023	
Trapezoid MF	trapmf	3-3-3	6,4127	
Trapezoid MF	trapmf	4-4-4	3,9806	
Gaussian Bell MF	gbellmf	3-3-3	1,1814	
Gaussian Bell MF	gbellmf	4-4-4	0,81135	

Tablo 4'te gösterildiği gibi en az hatayı veren üyelik fonksiyonu tipi "trimf" ve üyelik alt kümesi "3-3-3" olarak belirlenmiştir. Şekil 8, ANFIS'te bu işlemi göstermektedir.



Şekil 8. ANFIS Üyelik Fonksiyonu Tipi ve Alt Kümesi Seçme

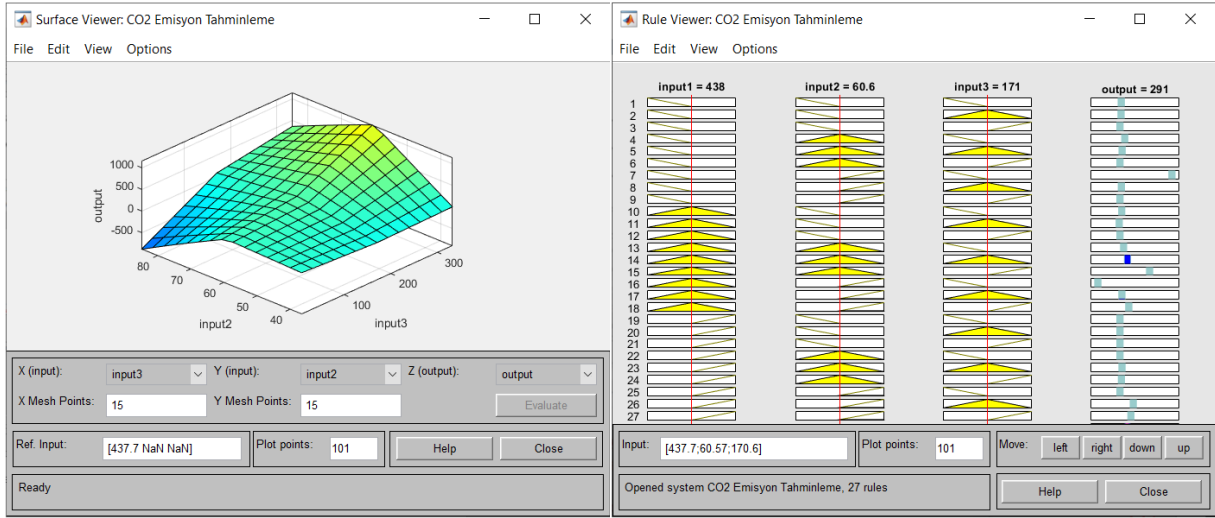
Yukarıda gösterildiği gibi uygun bir hata durumu elde edilmiştir. Bunu çıktı kısmındaki eğitim ve test verilerinin korelasyonundan da anlayabiliriz. Şekil 9 bunu verilerin uyumu ile ifade etmektedir.



Şekil 9. ANFIS Çıktı Eğitim ve Test Verileri Uyumu

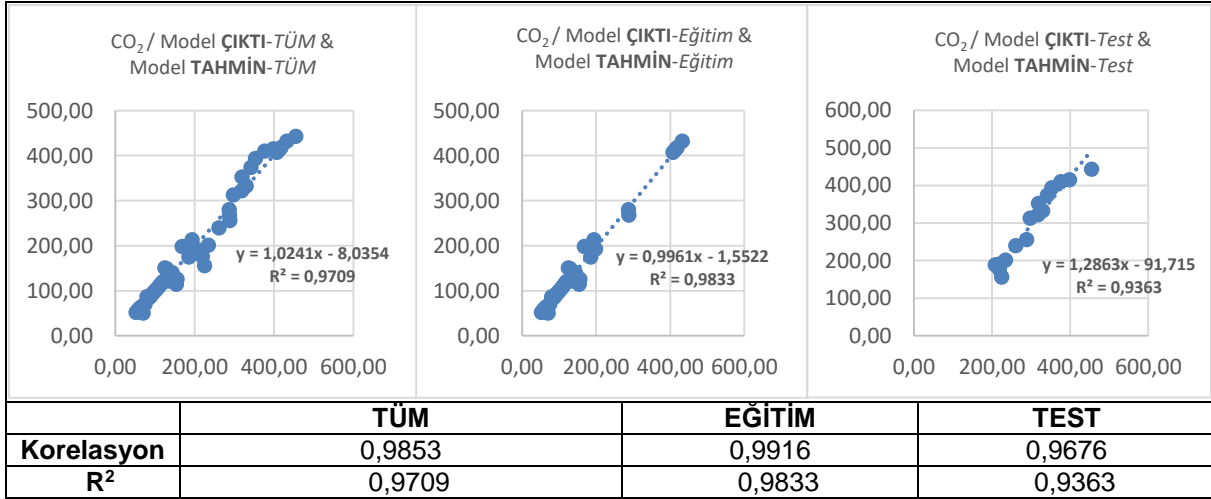
Oluşan kural tabanı Şekil 10'da gösterilmektedir. Girinti ve çıkıntısı az olması verilerin uyumunu göstermektedir.





Şekil 10. ANFIS Modeli Kural Tabanı

Şekil 10'da oluşan ANFIS modeli kural tabanında yeni girdi verileri ile yeni çıktı verileri elde edilebilmektedir. Dolayısıyla belirtilen 2023-25-30 yılları bu şekilde tahminlenmiştir. Gelecek yılların yüksek bir doğrulukla tahminlenmesi güçlü bir kural tabanı oluşumuna bağlıdır. Şekil 11. Çıktı ve tahmin verilerinin yüksek korelasyonunu göstermektedir. Eğitim verileri %99,16, test verileri ise %96,76 ve tüm veriler ise %98,53 oranında korelasyona sahiptir.



Şekil 11. Çıktı Verisi ile Tahmin Sonuçları Korelasyonu

Şekil 11'de görüldüğü gibi çıktı verileri ile tahmin sonuçları yüksek bir korelasyon göstermektedir. Bu bağlamda oluşan sağlam kural tabanı ile gelecek yıllar güçlü bir şekilde tahminlenmiştir. Bu tahmin sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir.

Tablo 5. ANFIS Türkiye CO<sub>2</sub> Emisyonu Tahmin Sonuçları

Yıllar	2023	2025	2030
CO <sub>2</sub> Emisyonu (TÜRKİYE) - mT	452,54	483,96	564,36
CO <sub>2</sub> Emisyonu (TÜRKİYE) – artış %	-	%6,9	%16,6



Türkiye için ANFIS tahmin sonuçları ortaya konmuştur. OECD, ABD ve ÇİN rakamları da ortaya konularak kıyaslama yapılmaktadır. Şekil 1 bu ülkelerin CO<sub>2</sub> emisyonlarını göstermektedir. Bu ülkelerin gelecek emisyon tahminleri ANFIS'ten daha pratik bir çözüm sunan polinomik regresyon kullanılarak Ms Excel'de elde edilmiştir. Tablo 6 Türkiye ile bu ülke ve toplumların emisyonlarını kıyaslamaktadır.

**Tablo 6.** ANFIS Türkiye ve Diğer Ülkeler CO<sub>2</sub> Emisyonu Tahmin Sonuçları

Yıllar	2023	2025	2030
CO <sub>2</sub> Emisyonu (TÜRKİYE) - mT	452,54	483,96	564,36
CO <sub>2</sub> Emisyonu (TÜRKİYE) - artış %	-	%6,9	%16,6
CO <sub>2</sub> Emisyonu (OECD) - mT	10.955,26	10.223,85	10.025,20
CO <sub>2</sub> Emisyonu (OECD) - artış %	-	-6,7%	-1,9%
CO <sub>2</sub> Emisyonu (ABD) - mT	4.945,81	4.510,23	4.312,94
CO <sub>2</sub> Emisyonu (ABD) - artış %	-	-8,8%	-4,4%
CO <sub>2</sub> Emisyonu (ÇİN) - mT	12.046,78	12.720,56	14.362,02
CO <sub>2</sub> Emisyonu (ÇİN) - artış %	-	5,6%	1,3%

Tablo 6 bir sonraki bölümde yorumlanmıştır.

## BULGULAR VE TARTIŞMA

Tablo 6'da görüldüğü gibi OECD ülkelerinin artış oranı azalma durumuna dönmüştür. Bu durum Şekil 1'de görüldüğü gibi son yirmi yıllık yeşil enerjiye geçiş politikalarının bir meyvesidir. Azalış oranı düşmesine rağmen aynı politikayı sürdürdüğü görülebilir. OECD topluluğuna benzer olarak ABD'de de azalış durumu hakimdir. OECD ülkelerine kıyasla yüksek bir azalış oranına sahip gibi gözükmesine karşın 2025'ten 2030'a kadar ABD yaklaşık 200 mT, OECD de 200 mT emisyon azalışı sağlamıştır. Bu durum emisyon miktarının büyüklüğüne bağlıdır. Bu bağlamda görünen o ki, OECD ve ABD Paris İklim Antlaşması ve benzer protokollere uyum sağlamaktadır.

Bir diğer duruma göre Çin'de emisyon artışı devam etmektedir. Grafik 2030'a doğru düşmesine rağmen azalma kısmına geçememiştir. Bunun sebebi Çin'in dünyanın en fazla CO<sub>2</sub> emisyonuna sahip olmasıdır. Emisyonları azaltmak ve yeşil enerjiye geçmek bu boyuttaki emisyonlar ile kolay olmayacaktır. Ancak herşeye rağmen görünen o ki, Çin belirtilen protokollere uyum sağlamaya çalışmaktadır.

Çalışmanın konusu olan Türkiye'de ise CO<sub>2</sub> emisyon miktarı ve artış oranı birlikte artmaktadır. Bu tablo olumsuz gibi gözükmesine rağmen Bu bağlamda Türkiye mevcut protokollere imza atmış olmasına rağmen uyumsuz gibi gözükmektedir. Ancak belirtilmesi gerekir ki Türkiye, Tablo 6'daki diğer üç ülke ve kuruluşun toplamının neredeyse 52 katı daha az emisyon üretmektedir. Bu durumun birçok sebebi olabilir. Bunlardan en önemlisi yeni sanayileşme hamleleri olabilir. Bu durumda ortaya çıkan soru şu olabilir: "Mevcut protokoller, ülkelere kendi kapasitelerine göre mi yükümlülük vermektedir?"

## SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Şekil 1'de görüldüğü gibi OECD, ABD ve ÇİN dünya CO<sub>2</sub> emisyon toplamının yaklaşık %76'sını oluşturmaktadır. Buna ek olarak Tablo 6'da görüldüğü gibi çoğunluğu Avrupa devletlerinden oluşan OECD topluluğu aldığı bazı önlemlerle son yirmi senede CO<sub>2</sub> emisyonunu sabit tutmayı, dahası azaltmayı başarmıştır. Aynı şekilde ABD'de de son beş senedir düşüşler mevcut. Çin'de ise artış oranları azalmaktadır.

Çalışmamız mevcut protokollerin yüksek emisyon üreten ülkeler ile düşük emisyon üreten ülkelere yükümlülük farklarını incelemektedir. Bunun için öncelikle mevcut emisyon rakamlarını paylaşmaktadır. Sonrasında gelecek projeksiyonu için literatürde sık kullanılan üç girdi ve bir çıktıyı ele alarak ANFIS ile tahminleme yapmıştır. Sonuç olarak mevcut protokollerin yüksek emisyon üreten ülkelere bir engel oluşturduğu doğrulanmıştır. Ancak bu noktada sunulması gereken öneri şu olabilir. Belirtilen üç ülke ve kuruluşun neredeyse 52 katı kadar az emisyon üreten ve sanayi ataklarını henüz yapan bir ülke ile diğer yüksek emisyonu ülkelere aynı sorumluluk yüklenmemelidir.



## KAYNAKLAR

- [1] Our World in Data, “CO<sub>2</sub> emissions”, Son Erişim Tarihi: Ocak 2024.  
<https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- [2] Our World in Data “Electricity production by source, World”, Son Erişim Tarihi: Ocak 2024.  
<https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>
- [3] Türkiye Cumhuriyeti Dış İşleri Bakanlığı “Kyoto Protokolü”, Son Erişim Tarihi: Aralık 2023.  
<https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>
- [4] Türkiye Cumhuriyeti Dış İşleri Bakanlığı “Paris Anlaşması”, Son Erişim Tarihi: Aralık 2023.  
<https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>
- [5] AUFFHAMMER Maximilian, CARSON Richard T., “Forecasting The Path of China's CO<sub>2</sub> Emissions Using Province-Level Information”, Journal of Environmental Economics and Management, Cilt: 55, Sayı: 3, Sf: 229-247. DOI: 10.1016/j.jeem.2007.10.002
- [6] RODRIGUES, J. A. Pinto, NETO, L. Biondi, COELHO, P. H. Gouvêa, MELLO, J. C. C. B. Soares, “Estimating Greenhouse Gas Emissions Using Computational Intelligence” ICEIS 2009.
- [7] LI Shourong, ZHOU Rongxi, MA Xin, “The forecast of CO<sub>2</sub> emissions in China based on RBF neural networks”, 2010 2nd International Conference on Industrial and Information Systems, Dalian, 2010, Sf: 319-322. DOI: 10.1109/INDUSIS.2010.5565845
- [8] AROURI, M. El Hedi, YOUSSEF, A. Ben, M'HENNI Hatem, RAULT Christophe, “Energy Consumption, Economic Growth and CO<sub>2</sub> Emissions in Middle East and North African Countries” Energy Policy, Cilt 45, sf. 342-349, Haziran 2012.
- [9] YUAN Jiahai, XU Yan, HU Zheng, ZHAO Changhong, XIONG Minpeng, GUO Jingsheng, “Peak energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in China”, Energy Policy, Sayı: 68, Sf: 508-523, Şubat 2014. Sayı: A 7, Sf: 321-335, Ağustos 2014. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.01.019
- [10] BOZKURT Cuma, OKUMUŞ İlyas, “Türkiye’de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme Ve Nüfus Yoğunluğunun CO<sub>2</sub> Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırımlı Eşbütünleşme Analizi” HMKÜ Sosyal B. Enstitüsü Dergisi, Cilt 12 Sayı 32, sf. 23-35, Aralık 2015.
- [11] APPIAH Kingsley, DU Jianguo, APPAH Rhoda, QUACOE Daniel, “Prediction of Potential Carbon Dioxide Emissions of Selected Emerging Economies Using Artificial Neural Network”, Journal of Environmental Science and Engineering, DOI:10.17265/2162-5298/2018.08.003
- [12] KHAN, M. Zahir, KHAN, M. Farid, “Application of ANFIS, ANN and Fuzzy Time Series Models to CO<sub>2</sub> Emission from the Energy Sector and Global Temperature Increase” International Journal of Climate Change Strategies and Management, Cilt 11, Sayı 5, sf. 622-642, Nisan 2019.
- [13] MARDANI Abbas, FAN Yee, NILASHI Mehrbakhsh, HOOKER Robert, OZKUL Seckin, STREIMIENE Dalia, LOGANATHAN Nanthakumar. “A Two-Stage Methodology Based on Ensemble Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Predict Carbon Dioxide Emissions”, Journal of Cleaner Production, Sayı: 231, Sf: 446-461. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.153
- [15] JENA, P. Ranjan, MANAGI Shunsuke, MAJHI Babita, “Forecasting the CO<sub>2</sub> Emissions at the Global Level: A Multilayer Artificial Neural Network Modelling” Energies, Cilt 14, Sayı 19, Sf. 6336, Ekim 2021. DOI: 10.3390/en14196336
- [16] LAZIM Abdullah, PAUZI, H. Mohd, “Adaptive-Neuro Fuzzy Inference System for CO<sub>2</sub> Emissions Data” Intelligent and Fuzzy Techniques for Emerging Conditions and Digital Transformation, Proceedings of the INFUS 2021 Conference, Cilt 1, sf. 155-161, Ağustos 2021.  
DOI: 10.1007/978-3-030-85626-7\_19
- [17] MUTASCU Mihai, “CO<sub>2</sub> emissions in the USA: new insights based on ANN approach”, Environmental Science and Pollution Research, Sayı: 29, Cilt: 45, Sf: 68332–68356, Mayıs 2022.  
DOI: 10.1007/s11356-022-20615-1
- [18] ZIASABOUNCHI Negar, ASKERZADE Iman, “ANFIS Based Classification Model for Heart Disease Prediction”, I. Journal of Electrical & Computer Sciences, Sayı: 14, Cilt: 2, Sf: 7-12, Nisan 2014.
- [19] JANG, J-S, R, “ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System” IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Cilt 23, Sayı 3, pp. 665-685, Haziran 1993.
- [20] ŞEKERCİ Abdullah, “Investigation of the Effect of Increased CO<sub>2</sub> Gas Emissions on Temperature Levels in Turkey: An Application with ANFIS and Linear Regression” 2st Rumeli Energy and Design for A Sustainable Environment Symposium, Haliç, February 17 – 18, 2022, Sf: 169-181.
- [21] THE WORLD BANK, “Türkiye”, Last Accessed: Aralık 2023.  
<https://data.worldbank.org/country/turkiye>



## CURRICULUM VITAE

### **Abdullah Zübeyr, ŞEKERCİ, Araştırma Görevlisi**

İstanbul Ticaret Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında lisans, 2019 yılında yüksek lisansını tamamladı.

Halihazırda Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde doktora çalışmalarına devam etmektedir. İstanbul Rumeli Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Araştırma Görevlisi olarak görev yapmaktadır. Tedarik zinciri ağ tasarımı, ağ optimizasyonu, stokastik modelleme ve bulanık karar verme yöntemleri alanlarında çalışmaktadır.

### **Selin SONER, KARA, Prof. Dr.**

Yıldız Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü'nden 2002 yılında lisans, 2004 yılında yüksek lisans ve 2008 yılında doktora mezuniyetini aldı. 2010 yılında Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL (The Federal Institute of Technology, Lausanne), Makina Fakültesi, Laboratory for Production Management and Processes, İsviçre'de post doktrasını tamamladı.

Halihazırda Yıldız Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümü'nde Prof. Dr unvanı ile ders vermektedir. Endüstri Mühendisliği, Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi, Ağ Tasarımı, Mühendislik ve Teknoloji alanlarında çalışmaktadır.



# SÜRDÜRÜLEBİLİR ZEMİN İYİLEŞTİRME YÖNTEMLERİ

Ahmet Sinan TEKER<sup>1</sup>, İrem ŞENSOY<sup>2</sup>, Hilal Gülnur TEKER<sup>3</sup>

- 1\* **Kurum veya Firma** İstanbul Rumeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Araştırma Görevlisi  
E – Posta, asinan.teker@rumeli.edu.tr
- 2\* **Kurum veya Firma** Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi  
E – Posta, iremsensoy.28@gmail.com
- 3\* **Kurum veya Firma** Tursam Galvaniz A.Ş., B Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı  
E – Posta, hilalteker@hotmail.com

## ÖZET

Günümüzde deprem ve geoteknik mühendisliğinde katastrofik etkiler barındıran birtakım mekanik ve dinamik etkilerin çevre ile ekonomiye verdiği zararlar ortadadır. Bu bakımdan, zeminlerin mühendislik anlamında iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ancak son günlerde rağbet gören kimyasalların kullanımı doğaya büyük zarar vermekte olup, buna alternatif olarak endüstriyel atıkların çevre dostu formlarda iyileştirme malzemesi olarak kullanımı bu çalışmada değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zemin İyileştirme, Endüstriyel Atıklar, Çevre Kirliliği

## ABSTRACT

Today, the negative effects caused to the environment and economy by some mechanical and dynamic effects that have catastrophic effects in earthquake and geotechnical engineering are obvious. In this regard, engineering improvement of soils is of great importance. However, the use of chemicals that have become popular in recent days causes great harm to nature, and as an alternative, the use of industrial wastes as improvement materials in environmentally friendly forms was evaluated in this study.

**Keywords:** Soil Improvement, Industrial Waste, Enviromental Pollution

## 1. GİRİŞ

Günümüz Türkiye'sinde birtakım geoteknik problemlere yol açan depremler yaşanmaktadır. Bu problemler basılıca düşük mukavemete değerlerine sahip zeminlerin deprem esnasında oluşan etkiye verdiği zayıf dayanımlardan kaynaklandığı söylenebilir. Gittikçe büyüyen bir inşaat sektörü hacmine sahip ülkemizde üstyapı projelerine temel teşkil eden geoteknik mühendisliğinin önemi gün geçtikçe kompleksleşmektedir. Bu anlamda, yapı altında bulunan zeminlerin mühendislik açısından yeterli bulunması amacıyla çeşitli zemin iyileştirme yöntemlerinin uygulandığı görülmektedir.

Yapıların altında taşıyıcı bir sistem olan zeminlerin mühendislik özellikleri, zemin tipi dışında çevresel şartlara göre çok geniş bir yelpazede farklılık gösterebilmektedir. Başılıca mühendislik özellikleri ise zeminin sıklık oranı, su yüzdesi, önkonsolidasyon basıncı, kesme dayanımı ile geçirgenlik gibi belli başlı değişkenlerdir. Bu bakımdan istenen düzeylerde olmayan zeminlerin ortamdaki uzaklaştırılması ve yerine daha uygun zeminlerin kullanımı ne yazık ki ekonomik sebeplerden dolayı tavsiye edilmemektedir. Dolayısıyla, sahadaki zeminlerin mevcut özelliklerinden ötürü istenen seviyelerde sınırlamaları sunmak ve dizayn teşkil edecek noktaya erişimi anlamında zeminlerin iyileştirilmesi gerektiği ve böylece, mukavemetlerinin artırılarak, geçirirliçliklerinin azaltılmasının sağlanması yolu aşikar olmaktadır.





Zemin iyileştirme esnasında zemin boşluk oranları düşürülmekle ile mevcut boşluk oranları düzeyinde zemin dane arası boşlukları çimento, kireç, bentonit, atık maddeler gibi kimyasallar ile doldurulabilmektedir [1]. Bunun yanı sıra, zemin özelliklerinin zayıf olması da çok önemlidir. Çünkü zayıf zeminler az dayanımlı, ileri düzeyde sıkışabilir, boşluk oranı yüksek, düşük plastisiteli, taşıma gücü bakımından yetersiz, oturma ve şişme potansiyeli fazla, yüksek geçirimsizlik sorunlarına sahip zeminlerdir. Genel olarak örneklemek gerekirse, gevşek kumlu zeminler, yumuşak kil ve kireç içeriği yüksek siltlerdir. Katkı ilaveleri ve kompaksiyon metotları uygulanarak deneylere tabii tutulan zeminlerin sonuçları elde edilerek, iyileştirmenin düzeyi ölçülebilmekte ve zeminin ne kadar iyileştirilebildiği anlaşılmaktadır.

Zemin iyileştirme yöntemleri geleneksel ve modern yöntemler olarak iki ana grupta incelenmektedir. Bu gruplar ise yüzeysel ve derin iyileştirmeler olarak iki farklı grupta incelenirler. Yüzeysel iyileştirmeler içerisinde katkı kimyasallarının kullanılmadığı kompaksiyon mevcuttur. Aynı çatı altındaki, katkılı iyileştirme yöntemleri ise ucucu kül, çimento, katı atık ile iyileştirme, kum ile iyileştirme, polimer ile iyileştirme vardır. Derin iyileştirmeler ise kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde aktif olarak kullanılmakla birlikte; dinamik kompaksiyon, vibro-flotasyon, patlayıcılar-enjeksiyon ile kompaksiyon, bunların arasındadır. Ayrıca kohezyonlu zeminlerde spesifik olarak önyükleme yöntemi, kum drenleri yöntemi, elektro-osmoz yöntemi ve ısı iyileştirme yöntemleri ile zemin ıslahı mümkündür [2]. Geoteknik mühendisliği içerisinde altı ana başlığa ayrılmaktadır. Bunlar sırasıyla; kohezyonsuz zeminlerde yerinde derin kompaksiyon, önyükleme, katkı maddeleri ile iyileştirme, termal iyileştirmeler ile geotekstil-geosentetik kullanımı sayesinde güçlendirmeler şeklinde belirtilmiştir [3].

Bu sayede, yapı temelleri mühendislik açısından belirli sıklıkta yerleştirilmiş, dayanım ve oturması bakımından uygun değerlere sahip zeminlere oturabilmektedir. Bu çalışmada, zemin iyileştirmeleri içerisinde geleneksel yöntemlerin dışındaki kimyasal yöntemler ele alınmakta sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmeyapılmaktadır.

## **2. ZEMİN İYİLEŞTİRMELERİNDE KULLANILAN KATI ATIK MALZEMELER İLE İLGİLİ YAPILAN ÇALIŞMALAR**

Zemin iyileştirmeleri içerisinde katı atık malzemeleri son yıllarda ülkemizde ön plana çıkmaktadır. Çevre kirliliğinin en önemli unsuru olan katı atıkların inşaat sektöründe kullanımı ile geri dönüştürülmesi hem ekonomik, hem çevresel avantajlar sunmaktadır. İkincil hammaddeye dönüştürülerek inşaat başta olmak üzere diğer sektörlerde kullanılabilen katı atıklar, dünyanın sınırlı rezervlerinden kazanç elde etme noktasında alternatif sunabilir. Böylece sürdürülebilirlik noktasında önemli adımlar atılmış olunur.

Bunlardan ilki olan mermer tozları bazı sanayi kollarında hammadde olarak kullanılarak, minimum ölçekli mermer atıklarıdır. Üretimi esnasında mermer kesme işlemine maruz kalırken, çevreyi mermer tozu kaplamaktadır. Elde edilen mermer tozları üretilen mermerlerin yüzde 30%'unu oluşturmaktadır [4].

Mermer üretim tesislerinde çevreye salınan tozların çevresel problemlerinin önüne geçilmesi sanayi anlamında da bir kazanç sağlayabilir. Bu bakımdan, mermer tozlarının kullanımı noktasında bulunan tüm opsiyonlar, üretim tesislerine ve ülke ekonomisine katkı sağlarken, bu tesislerin çevreyi kirlenme olasılığının önüne geçilebilir [5].

Jeolojik ve asfalt harç malzemesi olarak orta yoğunluklu trafiğe açık yollarda dolgu olarak kullanılmasına yönelik yapılan araştırmalarda, mermer tozunun kullanıldığı harçların volkanik kökenli harçların oluşturulduğu asfalt betonlarına nazaran yorulma ömrünün %45 azaldığı ölçülmüştür [6].

Ülkemizin başlıca enerji kaynaklarından birisi olan linyitler, termik santral kazanlarında pulverize edilerek daneler haline getirilerek yakım işlemine tabii tutulmakta olup, buradan çıkan inorganik katı atıklar sonucunda elde edilen uçucu küller 200 µm boyutlarına kadar ulaşabilmektedir [7].



Uçucu kül ve pirinç kabuklarının killi zeminler üzerindeki dayanıklılığını araştıran bir başka çalışmada ise, pirinç kabuğu ile uçucu kül atık malzemelerin kilin serbest basınç dayanımını sırasıyla %12 ila %25 arasında arttırdığı görülmüş, ilgili zemininin otoyol projelerinde temel alt malzemesi olarak kullanılabilirliği tavsiye edilmiştir [8].

Seramik tozları ile yapılan bir çalışmada ise, seramik tozlarının toprak zemine %0-30 aralığında %5 artış ile katıldığı karışımların indeks verileri incelenmiştir. Çalışmalar sonucunda, seramik tozlarının %30 dozlarına kadar zemin iyileştirmesinde kullanılabilirliği görülmüştür [9].

Bunun dışında, kumlu ve killi zeminlerin dayanımı üzerinde atık lastik tekstil liflerinin incelendiği bir çalışmada, %1 doz atık tekstil liflerinin killi zeminlerin dayanımına negatif etki ederken, kumlu zeminlerde ise pozitif etki yaratmıştır [10].

Taban külü adı verilen bir malzeme ise %0-25% arasında %5 artışla kohezyonlu zeminlere eklendiğinde, mukavemet, şekil değiştirme ve elastik modül özelliklerinde %25 seviyelerine kadar önemli bir etkiye bulunmamasıyla birlikte, %30 seviyelerinde önemini gösterebileceği sunulmuştur [11].

Çimento, pirinç kabuğu külü ve kalsiyum karbür atıklarının zemin güçlendirme ürünü olarak kullanılabilirliğine dair yapılan bir başka çalışmada ise, pirinç kabuğu ve kalsiyum karbür atığının, zeminlerin kohezyon ve içsel sürtünme açısını büyüttüğü görülmüştür [12].

Lastik liflerinin %0-10 arasında %2.5 artışla değişen dozlarda killi bir zemine eklenmesi sonucundaki dayanım sonuçlarındaki değişimin incelendiği bir diğer çalışmada ise, %7.5 lastik lif dozu seviyelerinde en makul sonuçların elde edildiği görülmekle birlikte dayanım değerini arttırmıştır [13].

Katı atıkların çevresel problemlere yol açtığı sorunlardan ötürü katı atık yönetiminin önemine dair yapılan çalışmalarda, kentlerin çoğunluğunda mevcut katı atık yönetim yöntemlerinin olmaması, planlamalar hakkında bilgi azlığının birtakım ekonomik sebeplerden dolayı bazı problemlere yol açtığı ortaya çıkmıştır. Dünya popülasyonunun her yıl 2-3 kat arttığı günümüzde dünya popülasyon 8 milyara dayanmıştır. Buna bağlı olarak, planlama ve organizasyondan yoksun bir yürütme içerisinde çevre kirliliğinin siyasi bir problem haline gelebileceği yapılan çalışmada sunulmaktadır. Sürekli depo alanları ve geri kazanım silolarında yakma yöntemi ile bu problemlerin çözülebileceği önerilmiştir. Bu sayede, ülke finansal ve siyasi olarak daha uygun bir konjunktürün sağlanabileceği öngörülmüştür [14].

### 3. ZEMİN İYİLEŞTİRMELERİNDE KULLANILAN BAŞLICA KİMYASAL YÖNTEMLER

Kimyasal stabilizasyon zeminlerin birtakım kimyasallar ile karıştırılması sonucunda zemin mühendislik özelliklerinde istenen değişimlerin elde edildiği bir zemin iyileştirme yöntemidir. İnorganik puzolanik ve çimento bazlı bağlayıcılar olan çimento, kireç ve diğer kalsiyum bazlı kimyasallar ele alınmaktadır. Bu metotlar zemin özelliklerinde uzun süreli değişimler yaratırken, birtakım çevresel anlamda endişelerde doğurmaktadır [15]. Temel olarak biyokimyasal metotlar, elektrokimyasal metotlar, inorganik puzolanik/çimento bazlı malzemeler ile organik polimerik bağlayıcılar olmak üzere 4 ana grupta incelenirler.

Biyokimyasal metot içerisinde, mikroorganizmaların çevre koruma esaslı Kalsiyum Karbonat çökelmesine imkan tanıdığı ve böylece, zemin boşlukları arasında oluşan bu ürün ile danelerin birbirine bağlandığı dayanımı yüksek bir zemin-kimyasal kompleksi meydana gelmektedir [16].

Elektrokimyasal metot içerisinde ise, zemine iki elektrod arasındaki elektrik potansiyeli vasıtasıyla suyun katoda hareketi sağlanır. Böylece, ince daneli zeminlerdeki aşırı boşluk suyu problem olan konsolidasyon sorunu hızlandırılır ve aynı zamanda zeminin hızla susuzlaştırılması sağlanarak, dane boşluklarının kolloidal silika jeller ile doldurularak zeminin güçlendirilmesi amaçlanır [17].



İnorganik puzolanik/çimento bazlı malzemeler ile yapılan iyileştirmede ise, sodyum silikat ve çimento-kireç bazlı kimyasal malzemesi, magnezyum oksit vb. Çeşitli kimyasallar mevcuttur.

En önemli inşaat malzemesi olan çimento ise zemin iyileştirmelerinde çok geniş kapsamda kullanılmaktadır. Bu sayede, zayıf zeminlerin sertliğini, mukavemetini, dayanımını arttırır. Çimento bazlı iyileştirmelerde temel esas kalsiyum bazlı stabilizatörler arasındaki katyon iyon değişimleridir. Kimyasal malzemenin topaklaşma, puzolanik reaksiyon ve çimentolaşma hidratasyonları bu iyon değişimleri ile gerçekleşir. Ayrıca ortamda yüksek oranda kirecin bulunması,  $Ca^{+2}$  iyonlarının çoğalmasını, böylece silikanın çözünürlük ve reaktivite yüzdesini arttırılması sağlanır. Bu sayede, çimento ve kireç, zemin daneleri arasında Kalsiyum Silika Hidrat (C-S-H) bağları oluşturarak, zemin danelerin birbirine bağlanmasını sağlar. Bu aşamadan sonra ise, kumlu ve killi zeminlerde durabilite ile serbest basınç dayanımı artar. Yalnızca kumlu zeminlerde sıkılık ve içsel sürtünme açısı büyürken, yalnızca killi zeminlerde ortamdaki kireç sayesinde dayanım artışınının yanısıra plastisite azalarak zeminin şişme-büzülme riski azalır [18].

Sanayi hammaddesi olarak en yaygın kullanılan ve kullanım dozu olarak 5.sırada yer alan kireç, kireçtaşlarının kalsinasyonu ile elde edilen ve inşaat malzemesi olarak uzun bir süre kullanılan bir maddedir. Kalsiyum karbonat içeren kireçtaşlarınının 1000 dereceye kadar kalsiyonu sonucunda kireç (CaO) üretilir, ve bunun su ile reaksiyonu sonucu (hidratasyon) kalsiyum hidroksit elde edilir. Kalsiyum dozu yüksek kirecin yanında magnezyum ihtiva eden dolomitik kireç ve sönmüş dolomitik kireçte elde edilmekte olup, antik zamanlardan beri en çok bilinen madde olan kirecin kullanımı birçok alanda mevcuttur [19]. Kireç katkısının yüksek şişme potansiyeline sahip killerin stabilizasyonu ile ilgili yapılan çalışmada, standart ve modifiyeli proktor testlerinin akabinde yapılan klasik ödometre deneyleri sonucunda, kireç katkısının %3 üzerinde şişme potansiyelini kontrol altına aldığı elde edilmiştir [20].

Magnezyum oksit ile ilgili yapılan bir başka çalışmada ise, kumlu sıvılaştırılabilir zeminlerin mekanik ve hidrolojik bakımdan iyileştirilmesi amaçlanmış olup, %0-6 aralığında %2 doz artışıyla Magnezyum Oksit-İnce Kum kompleksi tamamen doymuş oda şartları altında küre tabii tutulmuştur. Çalışma sonucunda, zemin içsel sürtünme açısı gelişerek, zemin elastik modülü ve serbest basınç mukavemeti artmıştır. Böylece zemin sıvılaştırma potansiyeli ortadan kalkmıştır.

Bu bilgilerin yanısıra, kimyasal metotlarla ilgili çeşitli çevresel endişeler var olmaktadır. Kullanılan kimyasalların ihtiva olduğu bölgedeki uzun süreli varlığı mevcut ürünlerin oluşumu esnasında meydana gelebilecek ters reaksiyonlar ile farklı ürünlere evrilebilmesi mümkündür. Bu noktada, beklenen pH değerleri elde edilemez ve bu sayede, alanda bulunan mikroorganizmalar veya yer altı sularının kimyasal formu değişebilir. Bu anlamda, iyileştirme sağlanma amacı ile çevre kirliliği yaratılmış olabilir. [21]

Bu anlamda, kimyasal yollarla yapılan iyileştirmelerde ön deneyler sürekli tekrarlanmalı ve iyileştirme yapılacak bölgenin kimyasal analizleri çok iyi bir şekilde yapılmalıdır. Böylece, çevre kirliliği endişelerinin önüne geçilebilir.

#### 4. SONUÇLAR

Atık malzemelerin zemin ıslahında kullanılması, günümüzde sıkça başvurulan bir konu olmaktadır. Bu endüstriyel atıklar tek veya başka atık malzemelerle karıştırılarak birçok teorik ve pratik çalışmalarda kullanılmıştır. Atıkların çevresel zararı doğa için yüksek tehlike oluşturulurken, bu atıkların toplanarak tasfiye edilmesi birtakım vergi yükümlülükleri doğurmasından ötürü zemin iyileştirme sektöründe kullanılan diğer pahalı kimyasallarla düşük oranlarda karıştırılarak veya serbestçe kullanımı noktasında yapılan fizibilite çalışmaları çevresel ve ekonomik anlamda ülkemize fonksiyonel katkılar sağlayacağı aşikâr görünmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucunda, sanayi atıklarının çevremizde birikmesi sonucunda ortaya çıkabilecek negatif durumların azaltılması, atıkların tasfiye edilmesi, bir araya getirilmesi ve bununla ilgili talep edilen vergi ve işçilik maliyetlerinin azaltılması amaçlanmıştır. Bu sayede, üstyapı ve altyapılara teşkil eden



zeminlerin mühendislik anlamında iyileştirmesi için gereken yüksek maliyetlerinde önüne geçilerek, geoteknik mühendisliği sektöründe bu tip atıkların önemi gün geçtikçe daha da artmıştır. Bu anlamda, günümüzde gelişime açık zemin iyileştirme mühendisliği piyasasında çevresel etkileri üzerinde tartışmaların olduğu geleneksel kimyasal iyileştirme metotlarının yanısıra endüstriyel atıkların kısmen veya serbestçe kullanımının önü açılması sağlanarak, çevreye zarar verebilecek her türlü riskli ürünün geri kazanımı küresel çapta sürdürülebilirliğe olumlu etkiler katması muhtemeldir.

Bu sayede, yapı temelleri mühendislik açısından belirli sıklıkta yerleştirilmiş, dayanım voturması bakımından uygun değerlere sahip zeminlere oturabilmektedir. Bu çalışmada, zemin iyileştirmeleri içerisinde geleneksel yöntemlerin dışındaki mevcut kimyasal yöntemler ile endüstriyel atıkların kullanıldığı yöntemler ele alınmakta, sürdürülebilirlik açısından değerlendirmeler yapılmaktadır.

## REFERANSLAR

- [1] Mitchell, J.K., "Stabilisation of Soils for Foundations of Structures", Geot. Eng. Univ. California. 1976
- (2) Soysal, H.K., "İnşaat Mühendisliğinde Zayıf Zeminler ve Zemin İyileştirme Yöntemleri", MAS Journal of Applied Sciences, 6 (3) : 716-742, 2021.
- [3] Metchell, J. K. (1981). Soil improvement state-of-the-art report [C]. In Proceedings 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (pp. 509-521). Balkema.
- [4] Demir İ., 2009, Mermer Tozu ve Atıkların Kullanım Alanları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon
- [5] Ceylan H., 2000, Mermer Fabrikalarındaki Mermer Toz Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- [6] Gürer C., 2005, Atık Mermer Parçalarının Bitümlü Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon.
- [7] Görhan G., Kahraman E. Başpınar S. M., Demir İ., 2009, Uçucu Kül Bölüm II: Kimyasal, Mineralojik ve Morfolojik Özellikler, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 5, No: 2, 33 – 42.
- [8] Brooks R. M., 2009, Soil Stabilization with Flyash and Rice Husk Ash, Temple University, Department of Civil and Environmental Engineering, Philadelphia 19122
- [9] Sabat K.A., 2012, Stabilization of Expensive Soil Using Waste Ceramic Dust, SOA University, Department of Civil Engineering, Bhubaneswar-751030, İndia
- [10] Abbaspour M., Aflaki E., Nejad F. M., (2019). Reuse of waste tire textile fibers as soil reinforcement. Journal of cleaner production, 207, 1059-1071.
- [11] Güllü H., (2014). Factorial experimental approach for effective dosage rate of stabilizer: Application for fine-grained soil treated with bottom ash. Soils and Foundations, 54(3), 462-477.
- [12] Liu Y., Chang C. W., Namdar A., She Y., Lin C. H., Yuan X., Yang Q., (2019). Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue. Construction and Building Materials, 221, 1-11.
- [13] Yadav J. S., Hussain S., Tiwari S. K., Garg A., (2019). Assessment of the load–deformation behavior of rubber fibre–reinforced cemented clayey soil. Transportation Infrastructure Geotechnology, 6(2), 105-136. Yokohama S., Sato A., (2019). Cyclic mechanical properties of sandy soils by mixing recycled asphalt pavement material. International Journal, 16(58), 41-47.
- [14] Bozkurt Y., ve Yılmaz A., 2010, Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (Kükab) Örneği, Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.15, S.1 s.11-28
- [15] M. Gaafer, H. Bassioni, T. Mostafa Soil improvement techniques Int. J. Sci. Eng. Res., 6 (12) (2015), pp. 217-222
- [16] J.T. DeJong, B.M. Mortensen, B.C. Martinez, D.C. Nelson Bio-mediated soil improvement Ecol. Eng., 36 (2) (2010), pp. 197-210
- [17] S. Pamukcu, H.F. Winterkorn Soil stabilization and grouting Foundation Engineering Handbook (1991)
- [18] J.R. Prusinski, S. Bhattacharja Effectiveness of Portland cement and lime in stabilizing clay soils Transport. Res. Rec., 1652 (1) (1999), pp. 215-227



- [19] Çiçek T., 1999, Kireç ve Kullanımı, 3.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir
- [20] Bozkurt Y., ve Yılmaz A., 2010, Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (Kükab) Örneği, Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.15, S.1 s.11-28
- [21] Teker, A. S., Ö. Çinicioğlu ve M. Teker, “ Sıvılaşmaya Duyarlı Gevşek Doymuş Temiz Kumun Magnezyum Oksit ile Tedavisi ”, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 18.Ulusal Konferansı, Kayseri, 29-30 Eylül 2022, s. 579-590, Erciyes Üniversitesi, 2022, doi:10.5505/2022zmgm.SS-52

## ÖZGEÇMİŞ

### Ahmet Sinan TEKER, Araştırma Görevlisi

Söz konusu yazar 1993 yılında İstanbulda doğmuştur. Lisans eğitimini Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde 2016 yılında tamamlamıştır. Yüksek Lisans eğitimine 2017 yılında Politecnico di Milano İnşaat Mühendisliği Bölümünde başlayarak, Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı’nda 2021 yılında tamamlamıştır. Özel vakıf üniversitelerinde Araştırma Görevliliği ve Öğretim Görevliliği kadrolarında görev alarak, sektörde Geoteknik Tasarım Mühendisi olarak çeşitli projelere imza atmıştır.

Yazarın Geoteknik Mühendisliğinin yeni bir bilim dalı olan Zemin iyileştirmeleri alanında 4 bildiri ve 1 makalesi bulunmaktadır.

İrem ŞENSOY<sup>2</sup>, ?

Hilal Gülnur TEKER<sup>3</sup> ?





# Theoretical Investigation of the Use of R134a, R290, R600a and R717 Refrigerants in a Vapor Compression Refrigeration Cycle

## Ertan BUYRUK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü  
[buyruk@cumhuriyet.edu.tr](mailto:buyruk@cumhuriyet.edu.tr) ORCID: 0000-0002-6539-7614

## Mustafa CANER

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü  
[mustafacaner@cumhuriyet.edu.tr](mailto:mustafacaner@cumhuriyet.edu.tr) ORCID: 0000-0002-3674-7881

## M. Musab BAYAT

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü  
ORCID:0000-0002-4631-6516

## ABSTRACT

In this study, the use of different refrigerants in a vapor compression refrigeration cycle is theoretically analyzed. The selected refrigerants are R134a, R290, R600a and R717. The cycle was evaluated based on condenser temperatures ranging from 25 to 50 °C and evaporator temperatures ranging from -25 to 5 °C. The model used to perform the thermodynamic analysis was developed using Engineering Equation Solver (EES) software. The coefficient of performance of the cycle, the power consumed by the compressor and the mass flow rate of the refrigerant circulating in the cycle were discussed.

**Keywords:** Vapor compression refrigeration, different refrigerants, energy, theoretical analysis

## INTRODUCTION

Cooling can be defined as the process of removing heat from a product under controlled conditions. Cooling, then, is the process of continuously removing heat from an object whose present temperature is lower than the surrounding air. A frequent application of refrigeration is to provide cold storage for the processing of perishable foods, drinks, and medical supplies. Among both cooling systems, vapor compression cooling systems are widely used. Recent advances in vapor compression refrigeration systems have focused on several key areas to increase efficiency, reduce environmental impact and improve overall performance.

Using R1234ze as a substitute working fluid for R134a, Radhouane Ben Jemaa et al. (2016) conducted energy and exergy analyses for water chilled in the evaporator of an air-cooled vapor compression refrigeration system. The Engineering Equation Solver (EES) was used to create a thermodynamic model. A parametric study was used to look at how evaporation and ambient temperatures affected energy and exergy efficiency, total exergy destruction, and exergy losses in different system components. For both refrigerants, there was no discernible difference in the energy and energy efficiencies. The compressor has the most exergy destruction of all the components, with the condenser, expansion valve, and evaporator following closely behind. If R1234ze is used, the irreversibility achieved is lower than R134a. As a result, it was emphasized that R134a can be substituted with R1234ze in these systems. In Nair et al's (2019) experiment, various performance parameters were analyzed for R-134a/PAG mixtures. They observed a 6.5% increase in COP value with the use of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticles dispersed in PAG oil. Using diamond nanolubricants in Vapor Compression Refrigeration Systems, Pico et al (2018) investigated the performance parameters of R-410A. They found that the cooling capacity of diamond increased by 4.2% and 7% according to the lower and highest mass combinations. Using liquefied petroleum gas (LPG) in a household refrigerator in place of R-12 has been demonstrated by Akash and Said (2003). It was found that a mixture of 80 g of LPG performed best compared to 50 g, 80 g and 100 g of LPG. As part of their study on vapor compression

refrigeration systems, Xu and Clodic (1992) analyzed the exergy of R-290, R-134a, and R-12 using the exergy analysis method. When compared to the other two refrigerants, R-134a showed superior performance for refrigerators. On the other hand, R-12 proved to be more effective in the freezer. According to Reddy et al (2012), vapor compression refrigeration systems have different exergy rates depending on the refrigerant used. COP and energetic efficiency are both affected by the temperature of the evaporator and condenser. Compared to other refrigerants, R-134a performed better, while R-407C performed worst. Based on numerical analysis, Lee et al (2014) observed that the expansion device's exergy destruction increased as ambient temperatures increased in the air conditioning unit. Paula et al (2020) optimized Vapor Compression Refrigeration Systems with R-134a alternatives by the simplex method and observed that R-290 was the best among other refrigerants in terms of exergy efficiency and COP. According to Park and Jung (2009), R430A has great potential as a possible alternative to R134a as a potential refrigerant in household water purifiers. According to their results, R134a had 12% lower energy consumption and 50% lower mass charge, while operating temperatures were similar. There is less than 0.10°C temperature release for R430A, which is a nearly azeotropic compound composed of 76% R152a and 24% R600a by mass. According to Baskaran et al, vapor compression refrigeration systems are efficient using varying blends of refrigerants such as HFC152a, HC290, HC600a, and RE170. R430A was used as an alternative refrigerant to R134a in a theoretical study conducted by Mohanraj (2013). In the study, the COP, the energy efficiency, and the total equivalent global warming impact were better. In an experimental study conducted by Jung et al, R435A was found to be more effective in residential water purifiers than HFC134a. Test results found a 12.7% reduction in energy consumption and 3.7°C decrease in discharge temperature, respectively, compared to HFC134a. Park et al., using both experimental and numerical methods, investigated the possibility of replacing HFC134a used in the cooling system of household water purifiers. According to the test results, R510A uses 22.3% less energy and has a 3.70 °C lower compressor discharge temperature than HFC134a with 50% refrigerant charge. They reported that HFC134a is an alternative to R510A and shows a slight change compared to HFC134a in the cooling system of household water purifiers.

In this study, the theoretical analysis of a vapor compression refrigeration cycle using different refrigerants R134a, R290, R600a and R717 was carried out using EES software. Refrigerants were evaluated based on condenser temperatures ranging from 25 to 50 °C and evaporator temperatures ranging from -25 to 5 °C.

### System Introduction

The vapor compression refrigeration cycle consists of four basic elements. The schematic diagram of the cycle is given in Figure 1 and the T-s diagram is given in Figure 2.

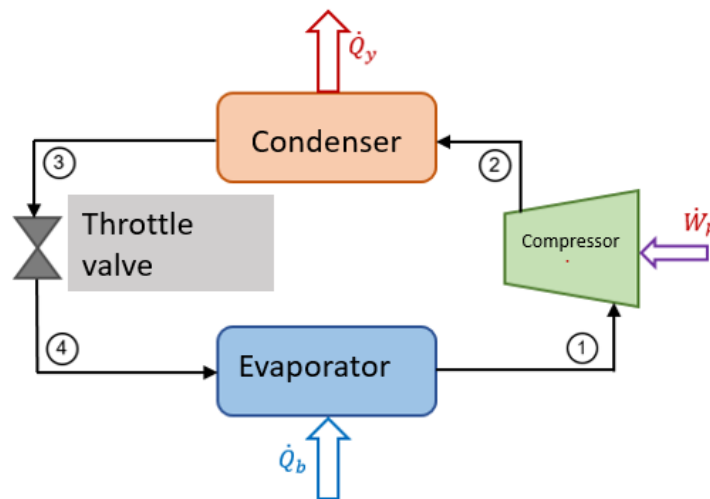


Figure 1. Schematic illustration of the system

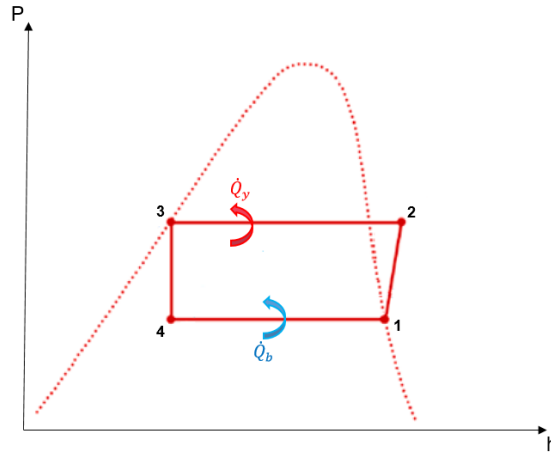


Figure 2. P-h diagram of the system

As the refrigerant evaporates in the evaporator, it absorbs heat from the cooled environment and enters the compressor as saturated vapor. The refrigerant is compressed to the condenser pressure, providing the necessary power to operate the compressor. During this process, the temperature and pressure of the refrigerant increases. In the condenser, the fluid in the vapor phase condenses by giving off heat. The fluid leaving the condenser in saturated liquid phase is expanded to evaporation pressure in the throttle valve.

### Thermodynamic Model

Each element of the system shown in Figure 1 is considered as an open system with continuous flow. To simplify the thermodynamic analysis, the following assumptions have been made.

- The phase at the compressor inlet is saturated steam.
- The phase at the condenser outlet is saturated liquid.
- Pressure and heat losses in connection pipes and system components are neglected.
- The processes in the evaporator and condenser are isobaric.
- The evaporator and condenser are adiabatic.

There are studies in the literature where the isentropic efficiency of the compressor is constant. However, Aminyavari et al. (2014) and Singh and Kumar (2022) the isentropic efficiency of the compressor was calculated using Equation (1).

In this study, Equation (1) was used to determine the isentropic efficiencies of the compressors.

$$\eta = 1 - (0.004 \times \text{Pressure Rate}) \quad (1)$$

The design parameters determined for the theoretical analysis of the vapor compression refrigeration cycle considered are given in Table 1.

Table 1. Design parameters determined for analysis

Parameter	Value
Cooling Load	10 kW
Condenser Temperature	25 – 50 °C
Evaporator Temperature	-25 – 5 °C
Isentropic Efficiency of Compressors	$\eta = 1 - (0.004 \times \text{Pressure Rate})$



The mass balance for each element in the cooling system under consideration can be written as follows:

$$\sum \dot{m}_g = \sum \dot{m}_ç \quad (2)$$

The overall energy balance for each element can be expressed as follows:

$$\sum \dot{m}_g h_g + \sum \dot{Q}_g + \sum \dot{W}_g = \sum \dot{m}_ç h_ç + \sum \dot{Q}_ç + \sum \dot{W}_ç \quad (3)$$

Table 2 displays the energy balance equations for the cooling system's component parts.

**Table 2. Energy balance of components**

Components	Energy balance
Evaporator	$\dot{Q}_b = \dot{m}(h_1 - h_4)$
Condenser	$\dot{Q}_y = \dot{m}(h_2 - h_3)$
Compressor	$\dot{W}_{comp} = \dot{m}(h_2 - h_1)$
Throttle Valve	$h_3 = h_4$

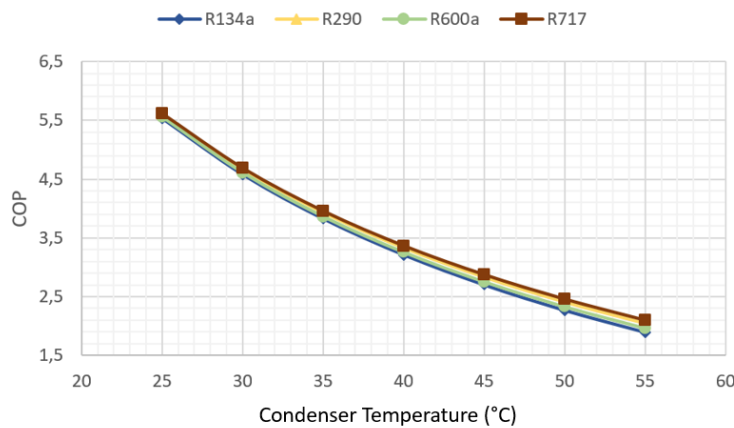
The performance coefficient of the system was calculated using the following equation.

$$COP = \frac{\dot{Q}_b}{\dot{W}_{comp}} \quad (4)$$

## Results

In this section, the performance coefficient of the system at different evaporator and different condenser temperatures, the power consumed in the compressor and the mass flow rate of the refrigerant circulating in the system are examined for R134a, R290, R600a and R717.

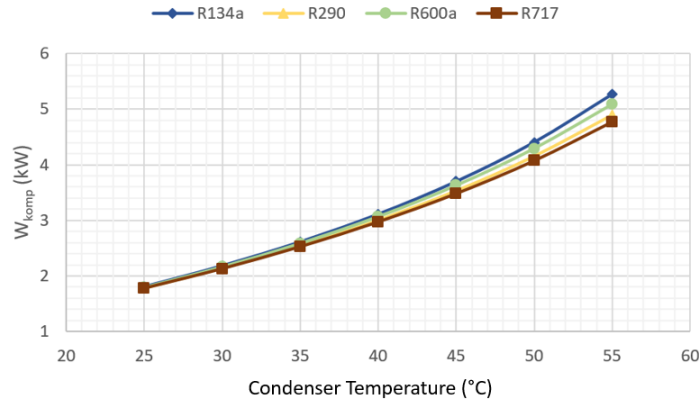
While investigating the effect of condenser temperature, the evaporation temperature was taken as -10 °C in the calculations made. Figure 3 shows the change in the performance coefficient of the system with different condenser temperatures. As the condensation temperature increased, COP decreased. The highest COP value was calculated as 5.616 for R717 refrigerant at 25 °C condensing temperature.



**Figure 3.** Calculated COP values at different condenser temperatures

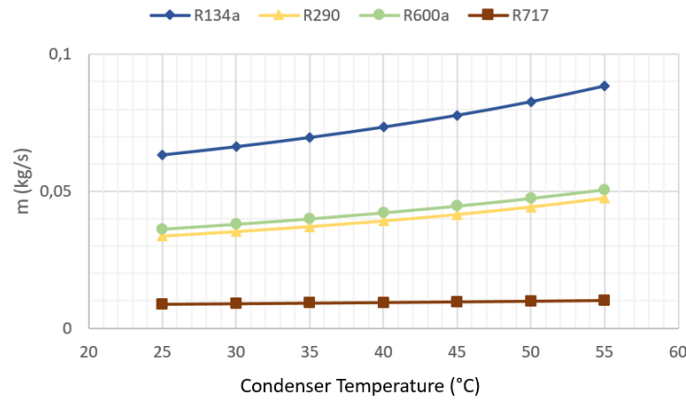
Figure 4 shows the effect of condenser temperatures on consumed power. As condenser temperatures increased, power consumption also increased, as expected. At low condensing temperatures, power consumptions are very close to each other. As the condensing temperature increases, the difference

between the consumed power values becomes evident and it is seen that the highest power consumption occurs when R134a is used.



**Figure 4.** Effect of condenser temperature on power consumption

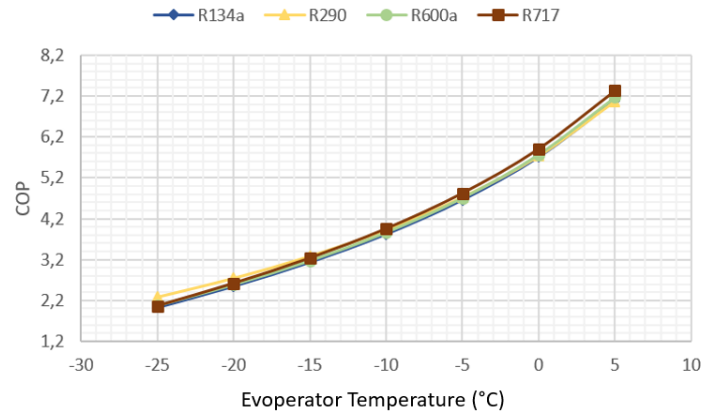
Figure 5 shows the refrigerant mass flow rates that must be circulated in the system at different condenser temperatures. It is seen that as the condenser temperature increases, the refrigerant flow rate in the system increases. While the highest flow requirement occurred for R134a, the lowest flow requirement occurred for R717.



**Figure 5.** Refrigerant flow rates circulating in the system at different condenser temperatures

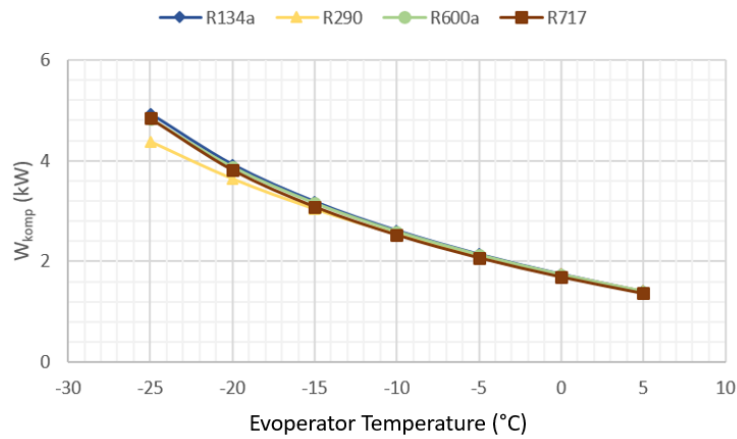
In the calculations made to examine the effect of the evaporator temperature on the system, the condensation temperature was taken as 35 °C. Figure 6 shows the variation of the performance coefficient of the cycle with the evaporation temperature. As the evaporation temperature increases, the COP value of the cycle increases. The highest COP value was obtained as 7.331 when R717 fluid was used at 5 °C evaporation temperature. The lowest COP value was calculated as 2.029 for R134a at -25 °C evaporation temperature.





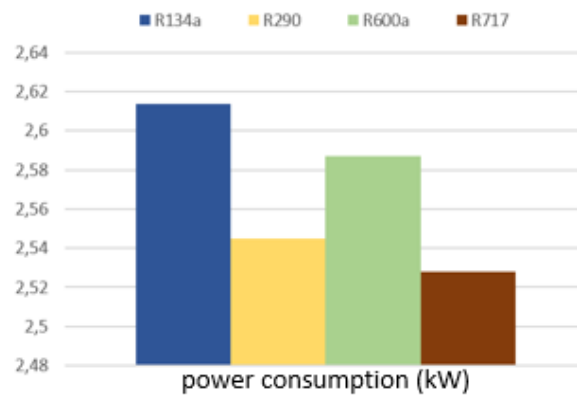
**Figure 6.** Variation of system performance with evaporation temperature

Figure 7 shows the power consumed by the compressor at different evaporation temperatures.



**Figure 7.** Effect of condenser temperature on power consumption

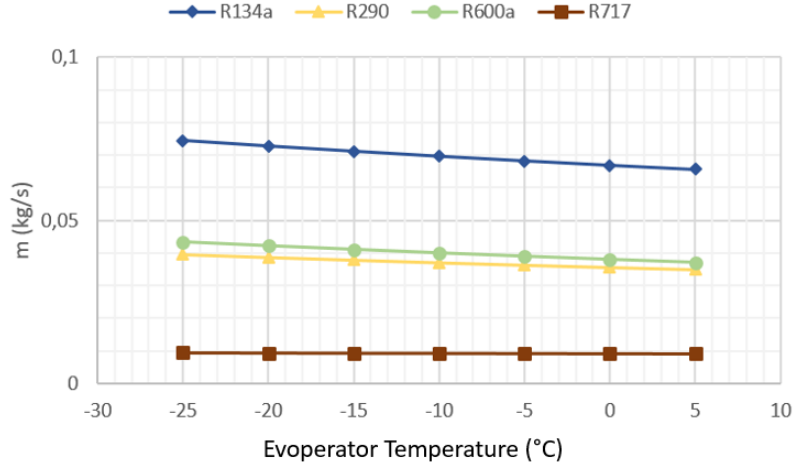
Comparison of the power consumed in the compressor for 35 °C condensing and -10 °C evaporating temperatures is presented in Figure 8.





**Figure 8.** Power values consumed in the compressor for different refrigerant

Figure 9 shows the refrigerant mass flow rates that must be circulated in the system at different evaporation temperatures. It is seen that as the evaporation temperature increases, the refrigerant flow rate in the cycle decreases. While the highest flow requirement occurred for R134a, the lowest flow requirement occurred for R717.



**Figure 9.** Refrigerant flow rates in the cycle at different evaporation temperatures

## Conclusion

The use of different refrigerants in refrigeration cycles directly affects the performance of the cycle and the power consumed by the compressor. In this study, the use of R134a, R290, R600a and R717 refrigerants in the vapor compression refrigeration cycle is discussed. Analyzes of the cycle at different condensation and evaporation temperatures for the specified refrigerants were carried out theoretically using EES (Engineering Equaiton Solver) software. Some results from this study are highlighted below:

- As the condensation temperature increased, COP decreased. The highest COP value at different condensing temperatures was calculated as 5.616 for R717 refrigerant at 25 °C condensing temperature. The lowest COP value was determined as 1.899 for R134a at 55 °C condensing temperature.
- The difference in the average COP values obtained for the four refrigerants at 55 °C and 25 °C condensing temperatures is 179%.
- As the evaporation temperature increases, the COP value of the cycle increases. The highest COP value was obtained as 7.331 when R717 fluid was used at 5 °C evaporation temperature. The lowest COP value was calculated as 2.029 for R134a at -25 °C evaporation temperature.
- The difference between the average COP values obtained for the four refrigerants at -25 °C and 5 °C evaporation temperatures is 240%.

## SYMBOLS

$COP$	Coefficient of performance
$\dot{Q}_b$	Heat absorbed in evaporator [kW]
$\dot{Q}_y$	Heat rejected in condenser [kW]
$\dot{W}_{comp}$	Power consumed in the compressor [kW]



$\dot{m}$  Mass flow rate of refrigerant circulating in the cycle [kg/s]  
 $\eta$  Isentropic efficiency

## REFERENCES

- Aminyavari M., Najafi B., Shirazi A., and Rinaldi F. 2014, Exergetic, economic and environmental (3E) analyses, and multi-objective optimization of a CO<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> cascade refrigeration system. *Applied Thermal Engineering*, 65(1-2), 42-50.
- A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "A performance comparison of vapour compression refrigeration system using eco friendly refrigerants of low global warming potential," *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 2, no. 9, pp. 1–8, 2012.
- A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "Thermal analysis of vapour compression refrigeration system with R152a and its blends R429A, R430A, R431A and R435A," *International Journal of Scientific & Engineering Research*, vol. 3, no. 10, pp. 1–8, 2012.
- A. Baskaran and K. Mathews, "Thermodynamic analysis of R152a and dimethylether refrigerant mixtures in refrigeration system," *Jordan Journal of Mechanical & Industrial Engineering*, vol. 9, p. 4, 2015.
- A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "Comparative study of environment friendly alternatives to R12 and R134a in domestic refrigerators," *European Journal of Scientific Research*, vol. 92, no. 2, pp. 160–171, 2012.
- A. Baskaran and P. Koshy Mathews, "Investigation of new eco riendly refrigerant mixture alternative to R134a in domestic refrigerator," *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, vol. 9, no. 5, pp. 297–306, 2015.
- A. Baskaran, N. Manikandan, and V. P. Sureshkumar, "Thermodynamic analysis of di methyl ether and its blends as alternative refrigerants to R134a in a vapour compression refrigeration system," *Development*, vol. 5, p. 12, 2018.
- Bilal A. Akash, Salem A. Said, Assessment of LPG as a possible alternative to R- 12 in domestic refrigerators, *Energy Convers. Manage.* 44 (3) (2003) 381–388, [https://doi.org/10.1016/S0196-8904\(02\)00065-1](https://doi.org/10.1016/S0196-8904(02)00065-1).
- Cleison Henrique de Paula, Willian Moreira Duarte, Thiago Torres Martins Rocha, Raphael Nunes de Oliveira, Antônio Augusto Torres Maia, Optimal design and environmental energy and exergy analysis of a vapor compression refrigeration system using R290 R1234yf and R744 as alternatives to replace R134a, *Int. J. Refrig.* 113 (2020) 10–20, <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2020.01.012>.
- J.-N. Lee, C.-C. Chen, C.-C. Ting, Numerical analysis of exergy for airconditioning influenced by ambient temperature, *Int. J. Eng. Technol. Innov.* 4 (3) (Jul. 2014) 152–160.
- K.-J. Park and D. Jung, "Performance of alternative refrigerant R430A on domestic water purifiers," *Energy Conversion and Management*, vol. 50, no. 12, pp. 3045–3050, 2009.
- K.-J. Park, Y. Lee, and D. Jung, "Cooling performance of R510A in domestic water purifiers," *Journal of Mechanical Science and Technology*, vol. 24, no. 4, pp. 873–878, 2010.
- K. J. Park, Y. H. Lee, D. S. Jung, and K. K. Kim, "Performance of R435A on refrigeration system of domestic water purifiers," *Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering*, vol. 21, no. 2, pp. 109–117, 2009.



Marcucci Pico, David Rosa Ribeiro da Silva, Leonardo Schneider, Paulo Filho, Enio. Performance evaluation of diamond nano lubricants applied to a refrigeration system, *Int. J. Refrig.* 100 2018 10.1016/j.ijrefrig.2018.12.009.

M. Mohanraj, "Energy performance assessment of R430A as a possible alternative refrigerant to R134a in domestic refrigerators," *Energy for Sustainable Development*, vol. 17, no. 5, pp. 471–476, 2013.

Radhouane Ben Jemaa, Rami Mansouri, Ahmed Bellagi, 2016 *Energy and exergy investigation of R1234ze as R134a replacement in vapor compression chillers*, *International Journal of Hydrogen Energy* 17 42.

Singh K. K., and Kumar R. 2022, Energy, Exergy, Environmental and Economic Analyses of Natural Refrigerants for Cascade Refrigeration. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 47(12), 15797-15821.

V. Nair, A.D. Parekh, P.R. Tailor, Experimental investigation of a vapour compression refrigeration system using R134a/Nano-oil mixture, *Int. J. Refrig.* 112 (2019), <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.12.009>.

V. Reddy, N.L. Panwar, S. Kaushik, Exergetic analysis of a vapour compression refrigeration system with R134a R143a R152a R404A R407C R410A R502 and R507A, *Clean Technol. Environ. Policy* 14 (2012) 47–53, <https://doi.org/10.1007/s10098-011-0374-0>.

X. Xu, D. Clodic, Exergy Analysis on a Vapor Compression Refrigerating System Using R12, R134a and R290 as Refrigerants, *Int. Refrig. Air Conditioning Conf. Paper* 160 1992 <http://docs.lib.purdue.edu/iracc/160>.

## **CURRICULUM VITAE**

### **Mustafa CANER**

He graduated from Bozok University, Department of Mechanical Engineering in 2013. In 2014, he started working as a research assistant at Sivas Cumhuriyet University, Department of Mechanical Engineering. He completed his master's degree at the same University in 2018 and continues his doctoral studies.

### **Ertan BUYRUK**

He completed his primary, secondary and high school education in Sivas. He graduated from Sivas Cumhuriyet University, Department of Mechanical Engineering in 1991. He completed his doctorate at the University of Liverpool, England, between July 1992 and December 1996. Asst. in 1997. He received the title of Associate Professor in 2004 and Professor in 2009. Prof. Buyruk served as the Head of Electrical and Electronics Engineering, Industrial Engineering, and Mechanical Engineering Departments as well as the Vice Dean of the Faculty of Engineering. Buyruk, who is married and the father of one child, speaks English. Since 2012, he has also served as the Rector's Advisor regarding University - City and Industry Cooperation. Prof. Buyruk also served as Vice Rector between 2015-2016. Main areas of study are: Heat and Mass Transfer, Thermodynamics, Fluid Mechanics, Thermal Insulation, Cold Storage, Heat Transfer in Plate-Finned Heat Exchangers and Nanofluids.

### **M. Musab BAYAT**

He was born in Ordu/Aybastı in 1991, and graduated from Gazinatep University Faculty of Engineering in 2014, receiving the title of Electrical and Electronics Engineer. He completed his master's degree from Sivas Cumhuriyet University Institute of Science and Technology in 2017 and continues his doctoral studies today. He works as a "Research Assistant" at Sivas Cumhuriyet University Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering.



# AN OPTIMISTIC LOOK AT ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Yılmaz KILIÇASLAN\*

\*Prof. Dr., ORCID: 0000-0002-5020-6547

## ABSTRACT

Artificial intelligence (AI) technologies are quickly taking us to a new era. The dizzying speed of the transformation that we are experiencing is giving rise to various concerns and fears naturally. In this study, we will have a look at machines, the human existence along with machines, artificial intelligence, and human wisdom from an abstract and broad perspective. We argue that human wisdom is greater than machine intelligence and, thus, we are entitled to be optimistic about the future.

**Key Words:** Artificial Intelligence, Artificial Learning, Human Wisdom, Machine, Turing Machine

## 1. Introduction

If we are asked what the most popular topic of recent times is, probably the answer for most of us will be "artificial intelligence". We happen to be hearing or reading phrases like 'artificial intelligence', 'smart machines' in news, chats, papers, books, classes etc. very frequently. We use them so often that such expressions have begun to lose their meaning. In everyday use, their mental counterparts are more likely to be the connotations of the technological products they name, rather than their descriptive meanings.

It is indeed remarkable that among these connotations the most prominent place is occupied by those that can be gathered under the title "The Troubles Artificial Intelligence Will Bring Us". The pessimism in question is increasing to such an extent that artificial intelligence can even be called "the technology that gets disliked as it becomes known". However, this observation will also require us to ask the following question: "do we indeed know and recognize artificial intelligence?" In this study, we will seek an answer to this question and, based on the answer we arrive at, we will argue that we do not need to be too pessimistic and that we can even be optimistic about the future that artificial intelligence is taking us to.

## 2. 'Mechanized' Man

### 2.1. 'Man' in Pre-Industrial Society

Without going into technical details, we can define artificial intelligence as the totality of studies aiming to produce 'machines' that think or behave like 'humans' (see Kılıçaslan 2022, Russell & Norvig 2022). But what is a 'human' and what is a 'machine'?





We will explain the sense in which we use the word 'machine' a little later. Interestingly, definitions of human beings were mostly made by pre-industrial philosophers. Let us take a quick look at these definitions.

It is easy to distinguish what is human from what is not. We have almost no difficulty in this matter; we can easily distinguish human beings from other living beings, machines, robots and even humanoid robots.<sup>1</sup> However, it is difficult to say that we have achieved this referential success in the descriptive definition of human beings. The first human being is called *homo erectus*, that is, the *upright* human being. For Socrates, man is the *being-that-questions*. For Plato, to be human requires to be *social*. For Aristotle, human being is a *political* animal. It is not surprising to learn that for Septics man is the *doubter*. There are many more definitions: *man as a tool user*, *man as lauger*, *man as a crier*, etc. The most memorable definition of man is frozen in our minds by Descartes' *homo sapiens*; man, (as Aristotle put it), is a *thinking* being.

It is noteworthy that the philosophers of pre-industrial times tried to distinguish humans from animals in their definitions. Each definition was based on a characteristic that is not present in animals but is present in humans. For a historical period in which we struggled for life together with animals it is expected and understandable that the limits of being 'human' are determined by comparing them with animals

## 2.2. 'Man' in Industrial Society

In the industrial era, machines have replaced animals in the struggle for life. Machines have freed both animals and us humans from using muscle power in many areas of life struggle, especially in production activities. However, this did not pave the way for humans to be completely independent from compulsory labor. In general, the machines of the industrial era are devices that lack the ability to act autonomously and therefore can only work under the control of humans. "In this kind of mechanized life, humans are in control", we might say. But the deeper meaning of this sentence does not carry the grammatical affirmative mood: in order to control the machines, humans have had to learn to use them, to be near them while they are in use, and to adapt their working rhythms to their pace. So, while we humans control the machines, our bodies and minds have come under the control of the mechanized way of life.

Worse still, in the industrial age humans have been trapped in a one-dimensional existence, like machines. This situation is not accidental, but a result imposed by mechanized life. Machines have imprisoned humans within the conceptual limits of their own existence. So, what are the conceptual limits of machines? Now, let us clarify this issue.

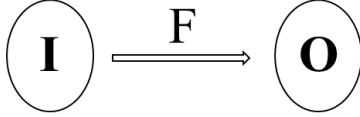
A machine, by mathematical definition, is one that takes an input and gives an output. For example, a coffee machine takes as input a quantity of coffee berries and water and gives as output drinkable coffee (see Figure 1):



**Figure 1.** Coffee machine

<sup>1</sup> Another name for humanoid robot is 'android', a word from Ancient Greek.

Mathematical definitions are very general and therefore very abstract. Obviously, according to our definition, a machine is a function in its most abstract form (see Figure 2):



**Figure 2.** Function

Functions, and therefore machines, are very uniform. They always do the same work. They always take the same inputs to the same outputs. A coffee machine will always give us drinkable coffee as long as it is given coffee berries and water; it will never give us soup or soda. Just as the function  $f$  defined as  $f(x) = 2x + 5$  has an output of 11 whenever it takes the number 3 as input...

Notice that in the definition we have not made any reference to the mode of existence of the function, because this is irrelevant. A function can be a concrete device made of metal or plastic; it can be a completely abstract mathematical relation... It can even be a living being in the flesh. The example of the latter is the individual in industrial society. He is trained to do a single job. Under given proper circumstances, he always performs the same task, always produces the same output. Herbert Marcuse's (1964) book "One Dimensional Man" describes and criticizes the confinement of the individual to a one-dimensional life in industrial society:



**Figure 3.** Individual in industrial society

Industrial society is based on the division of labor. The division of work into as small as possible parts is a prerequisite for the use of machines: a job becomes simpler as it is broken down into its component parts, and when it becomes simple enough, it can be done by machines, and always is and has been. Modern man, too, takes his place in this division of labor, sometimes as a blue-collar worker right next to the machine, sometimes as a white-collar worker in a mental role that is not yet sufficiently mechanized, but always as a one-dimensional worker. In other words, for modern man, specialization means that he is reduced to a single function.

We have said that artificial intelligence studies aim to produce 'machines' that think or behave like 'humans'. This is not a goal of a few decades, but of several centuries. As early as the 1500s, when Leonardo da Vinci designed the first mechanical calculator, he envisioned a machine that could calculate like a human. Some 200 years later, Gottfried Wilhelm Leibniz took this dream to a much higher level with the calculus ratiocinator, a mechanical device capable of calculating not only numbers but also other concepts. Perhaps surprisingly, in the first half of the 20th century, those who were trying to create

today's computers believed that these machines could think like humans. Alan Turing asked the question "can machines think?" and Von Neumann's ENIAC was called the electronic brain. At the end of this adventure, which we have mentioned some milestones, skipping most of them,<sup>2</sup> we have reached the following result: instead of **human-like** machines, we have **machine-like** humans.

Let us now take a closer look at this adventure, the adventure of the machine that is being humanized, from the point of view of the computer, which is 'seen' as the projection of man in the machine.

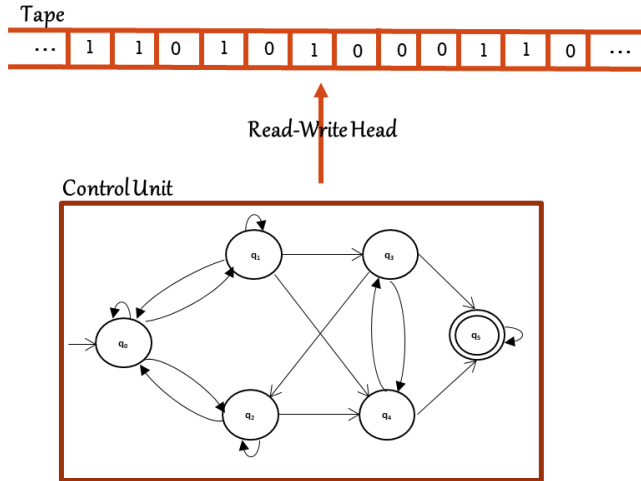
### 3. The 'Machine' that cannot be Human

#### 3.1. Computer

We do not usually want to resemble machines. We know the price of being reduced to a single function. No matter how well we perform this one function, it is at the cost of atrophying many other faculties. Fortunately, the mechanized life that led to this situation has also paved the way out. The most important tools on the way out are computers.

he computer is also a machine, but a very special one. The peculiarity of the computer is that it is the most general machine. If programmed correctly and with unlimited time and unlimited memory, a computer can solve any problem that can be solved algorithmically, that is, in finite and discrete steps. Therefore, another name for the computer is the **universal machine**. To emphasize once again, the universality of the computer comes from the fact that it is potentially the 'sum' of all functions/machines.

The mathematical model of the universal machine belongs to Alan Turing. It is also called the Turing machine. Below is a visual example of a Turing machine:



**Figure 4.** A Turing machine

Surprisingly, this machine does 'everything' with an unbelievably small number of operations: write a symbol in the cell indicated by the read-write head on the tape, move the read-write head left or right on the tape, stay in the current state or move to another state. It seems that the path to universal functionality lies through formal simplicity.

<sup>2</sup> For an overview of the history of computer technologies, see Kılıçaslan (2021).

It was Hungarian-born US mathematician John von Neumann who translated Turing's mathematical model into the first general-purpose computer design. The design was realized in 1946 under the name ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer):

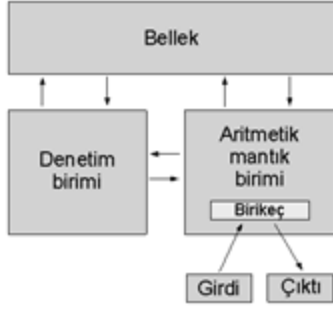


Figure 5. (a) Von Neumann architecture<sup>3</sup>

(b) ENIAC<sup>4</sup>

The simplicity of von neumann's design is also striking.

Let us emphasize that our computers are universal machines. They implicitly contain the power of all functions. And yet, until recently, they were dependent on us, just like 'single-function capable' machines... We had to tell a computer which function to perform. By translating the right algorithm into a program in a language it understands, a programming language.

### 3.2. Machine Learning

We say "computers have been dependent on us until **recently**" because recently, at the beginning of this century, they acquired an ability to function meaningfully in changing circumstances - the ability to **learn**. Now, our computers, if we feed them with the appropriate and sufficient amount of data, can write their own programs and/or then examine data they have not encountered before. This is undoubtedly a big step towards computer independence. Of course, one might say, "well, we still give them the data to process, so they are still dependent on us". But let us not forget that we are in an age where machines have easy access to an abundance of data. The following words by Işık and Kılıçaslan (2020) emphasize the relevant importance of this era.

There is so much data around us! Everywhere is full of data from all sorts of things. Especially the internet... Machines are also connected to the internet. Just like us humans, they can find what they are looking for there. So machines that write their own programs can now access the data they need to process on their own. (pp. 61-62)

We call the ability of computers to find their own solutions to overcome the problems they face **machine learning**. Some also call it **artificial learning**. Machine learning has led to significant advances in AI research and radical changes in the way people think and feel about AI.

With machine learning, for the first time, the idea that machines can act independently of us has begun to take hold in people's minds. The computer, which can already solve any problem that can be solved algorithmically if programmed correctly, will now be able to do so without the support of a human. Moreover, it will be able to use this ability not only in situations that can be predicted by us humans, but also in situations that involve uncertainty. In other words, it seems that learning computers will be completely out of our control.

<sup>3</sup> [https://tr.wikipedia.org/wiki/Neumann\\_mimarisi#/media/Dosya:VonNeumannMimarisi.PNG](https://tr.wikipedia.org/wiki/Neumann_mimarisi#/media/Dosya:VonNeumannMimarisi.PNG)

<sup>4</sup> <https://www.topragizbiz.com/konular/eniac-ilk-bilgisayar.11386/>



It is also worth noting that 20-25 years ago, we used to choose the learning algorithm for each problem domain and the learning parameters that this algorithm would use. About 10 years ago, we entered a new phase in machine learning. Now, with deep learning, computers do not need our support for these either. Deep learning algorithms behave like universal learners. They only need to be fed with big enough data to find a way to solve a given problem.

Developments have not been limited to these. In the past few years, we have been introduced to generative artificial intelligence. Previously, computers would only passively cluster and/or classify the data they received as input. Now, they also produce output in response to the input they receive. For example, we have chatbots that respond to every question we ask, that have something to say in response to everything we say; or models that produce visuals that correspond to the meaning of the natural language expression we input...

These developments have impacted scientific and social life to such an extent that today 'machine learning' and 'artificial intelligence' are used almost as synonyms. Of course, this is not the case. As Russell and Norvig (2003) state at the very beginning of their book *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, machine learning is one of the sub-fields of artificial intelligence, not the whole of artificial intelligence.

#### 4. Man Greater than Machine

The question for this study is: are 'intelligent' machines capable of learning really an existential threat to humanity on one level or another? Many people think they are. Many think that artificial intelligence will take away all our jobs. There are those who think it will bring down all our firewalls and bring about the end of our civilization. There are even those who think it will destroy humanity as a species. Underlying these pessimistic expectations is the assumption that artificial intelligence is greater than the human mind.

We think the opposite. "The human mind is greater than artificial intelligence," we say. We are not alone in this pro-human stance.

Even Alan Turing, who was notoriously generous in attributing intelligence to machines, noted that human behavior is too complex to be determined by any formal set of rules. Recall that the Turing machine was characterized as a purely formal device. This means that Alan Turing, who believed that his computer could solve any problem that a human could solve algorithmically, nevertheless realized that he had not designed a machine powerful enough to reproduce human behavior.

The famous philosopher John Searle supported Turing's view by saying that computers are formal beings and humans are semantic beings. Searle believes that a Turing machine can never have an existence similar to the mental existence of a human being.

The following quote is from Cahit Arf, who we think was inspired by the work of Alan Turing.

Although machines can perform some tasks much more quickly than the human brain, their understanding, that is, their capacity for reception, is far inferior to the human brain in terms of variation, even when they are large enough to fill a large hall. The machine remains as it was built, whereas the human brain improves itself on its own initiative. However, it is possible to design a self-perpetuating machine. However, in my opinion, the main difference between the human brain and the machine is that the human brain is able to take aesthetic factors and work on them, make aesthetic decisions, and feel free to do or not to do a given task, whereas the machine lacks these qualities. What characterizes these qualities is that they all contain an element of uncertainty, and that there are no rules that they adhere to infallibly. There are non-human natural phenomena that have the character





of uncertainty. These are events that take place within the atom. In this respect, if events occurring in a relatively small number of atoms can be made effective in the functioning of such machines, it can be hoped that the machines will be aesthetically similar to the human brain. Such a machine will be able to say, for example, that it does not find such and such a piece of music beautiful. But I think this will not be possible even after many centuries, and perhaps never. (1959, p. 103)

There are many important claims in this quote. We may find some of them true and some of them false. We only want to draw attention to these two. The first is that humans can be conscious and volitional in doing a task; the second is that for machines to have an existence similar to the conscious state of mind of humans, they must have a functioning similar to subatomic phenomena.

Yes, our computers can now do many things that the human mind can do; in fact, they can do most of them better than we can. But they lack one thing altogether: consciousness. As Flanagan (1998) points out in his work entitled *Consciousness*, the computer program Deep Blue, equipped with artificial intelligence, may be smart enough to beat the best chess player, but it is completely devoid of consciousness. Therefore, we can assume that Kasparov, whom it managed to defeat in 1997, was excited before the match, experienced psychological tension during the match, and was very upset by his defeat afterwards; however, we cannot assume that Deep Blue experienced any of these psychological states that require consciousness.

As for the modeling of subatomic physical workings by machines, the Turing machine, whose outward motions are confined to a one-dimensional tape, is clearly far removed from this uncertainty.

#### 4. Conclusion

The important conclusions that can be drawn from this study are as follows.

Machines that can learn and that are equipped productive artificial intelligence will be able to solve all algorithmically solvable problems without the support and control of us humans. In this way, they will liberate us from the mechanical and one-dimensional lifestyle we have been trapped in for an age.

Since machines do not have consciousness and volition, we will be left with the pursuits that require these abilities. And since we will be free from mechanical work, we will be able to devote more time to our philosophical, artistic and spiritual development. In short, we will move from a machine-like lifestyle to a more human existence.

Of course, we cannot rely solely on artificial intelligence for all this to happen. We humans must also be socially and intellectually prepared for the future that AI can offer.

#### REFERENCES

- [1] KILIÇASLAN, Yılmaz. "Yapay Zekâyı Anla(t)mak için Doğal Zekâyı Anlamak". Endüstri 4.0 Bağlamında Geleceği Anlamak. Editör: Emine Kılıçaslan. Paradigma Akademi, 2022.
- [2] RUSSELL, Stuart J. and NORVIG, Peter. "Artificial Intelligence: A Modern Approach". Prentice Hall, New Jersey, 2003
- [3] MARCUSE, Herbert. "One-Dimensional Man". Beacon Press, 1964.
- [4] KILIÇASLAN, Yılmaz. "Teknolojinin Evrimine Parametrik Bir Bakış". 1. (Uluslararası Katılımlı) Rumeli Sürdürülebilir Çevre için Enerji ve Tasarım Sempozyumu Bildiri Kitapçığı. Rumeli Üniversitesi, İstanbul, 2021.



- [5] IŞIK, Toprak and KILIÇASLAN, Yılmaz. "Bu Robotlar Çok Akıllı". Doğan Egmont, 2020. Cahit  
[6] ARF, Cahit. "Makine Düşünebilir mi ve Nasıl Düşünebilir?". Atatürk Üniversitesi – Üniversite Çalışmalarını Muhite Yayıma ve Halk Eğitimi Yayınları Konferanslar Serisi, No 1, 1959.  
[7] FLANAGAN, Owen, J. "Consciousness". In *A Companion to Cognitive Science*, edited by W. Bechtel and G. Graham. Malden, MA: Blackwell, pp. 176-185, 1998.

## BIOGRAPHY

### Yılmaz KILIÇASLAN

Born in 1969 in Simav, he graduated as an engineer from METU Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering in 1992. He received his Master's degree in 1994 and PhD degree in 1999 from the Faculty of Science, University of Edinburgh. Between 2000 and 2016, he worked as Lecturer, Assistant Professor, Associate Professor and Professor at the Faculty of Engineering, Trakya University. Since 2016, he has been working as Professor at the Faculty of Engineering, Aydın Adnan Menderes University. He has published more than 70 national and international articles, papers, books and book chapters.



# SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE YAKLAŞIMINDA TERMODİNAMİK PARAMETRELERİ ÖLÇÜMLERİN GEREKLİLİĞİ IN SUSTAINABLE ENVIRONMENTAL APPROACH REQUIREMENT OF THERMODYNAMIC PARAMETERS MEASUREMENTS

Ahmet CAN\*

\* İstanbul Rumeli Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi  
ahmet.can@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1460-6615

## ÖZET

Enerji bilimi olarak tanımlanan termodinamik parametreleri, sürdürülebilir çevre için önemli değişkenlerdir. Ulusal ve uluslararası ortamlarda iklim değişikliği açıklamaları yapılırken atmosfer sıcaklık ortalaması değerinin 1,5 °C düşürülmesi sıklıkla tanımlanan bir hedeftir. Diğer yönüyle atmosferdeki CO<sub>2</sub> değerinin önce 2030 yılına kadar doksanlı yıllardaki değeri esas alınarak %50 azaltılması gereklidir. Daha sonra 2050 yılında nötr karbondioksit salımı hedefi ile ilgili uluslararası protokoller imzalanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sürdürülebilirlik, Çevre, Termodinamik Parametreleri, Sıcaklık, Basınç

## ABSTRACT

Thermodynamic parameters, defined as the science of energy, are important variables for a sustainable environment. While making climate change statements in national and international environments, reducing the average atmospheric temperature value by 1.5 °C is a frequently defined target. On the other hand, the CO<sub>2</sub> value in the atmosphere must first be reduced by 50% by 2030, based on its value in the nineties. Later, international protocols were signed regarding the target of neutral carbon dioxide emissions in 2050.

**Keywords:** Sustainability, Environment, Thermodynamic Parameters, Temperature, Pressure

## 1 INTRODUCTION

The goal of thermodynamics is to calculate the fields of velocity and mass density within an object. Density, velocity, and temperature are not the same at all points of an object during a process, and they do not remain constant in time. For this reason, density, velocity, and temperature variables have been defined as time-dependent fields.

In thermodynamics, the state of a object is described more accurately than in fluid mechanics, because in addition to motion and inertia, how hot the matter is taken into account.

The temperature is constant on the contact surface between the two objects. With this feature, the temperature is defined and forms the basis of all temperature measurements. Experts in the field of thermodynamics call this continuous property of temperature the zeroth law of thermodynamics.

Thermodynamics, 18. Until the end of the century, it was referred to as the science of energy, heat and work. Likewise, heat has been described as a weightless fluid called "caloric". Engineers of the 18th century understood that heat conserves its energy as it flows from high temperature to low temperature,

and that a machine could be designed to produce useful work. This machine is called the heat machine, and useful work has been generated from the heat flow.

Within a century, the science of thermodynamics has evolved into a science of energy, absolute temperature and entropy. The constrained behavior of systems with absolute temperature approaching absolute zero is the 3rd part of thermodynamics. It was explained by Walther Nernst by the law. Exergy was introduced by the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in the school of thermodynamics in the analysis of the second law and internal thermodynamics. Environmental protection can be taken as a basis in the analysis of energy systems and all components of energy systems. With engineering thermodynamics, convenient and efficient solutions can be produced and implemented.

James Prescott Joule lived in a family-run brewery near Manchester, England, from 1818 to 1889. Joule did not receive any formal education and almost no normal education in all other branches of science,[1]. He did his most important work by thinking that there may be quantitative (numerical) equations between mechanical, thermal, chemical and electrical effects. He has worked on some digital connections in a few different ways. For example; He investigated the thermal, chemical and mechanical effects of electrical effects and the transformation of mechanical effects into thermal and electrical effects.

The production of heat by electric current from a wire in 1840 "I<sup>2</sup>R-heating law" showed that it is proportional to the square of the current (I) and also to the electrical resistance (R). Later, for the mechanical equality measurements of heat, which is one of his best-known works today, Joule made his first experiments on this process in 1843, when he was 24 years old. His most famous experiments were the inducing device wheel, which was operated by a falling weight, which he performed to determine the heat equivalent of mechanical work.

Joule; Thanks to the experiments in the installation shown in Figure 2, it has been shown that the heat obtained in the system called calorimeter is proportional to the increase in water temperature and the work done by weight.

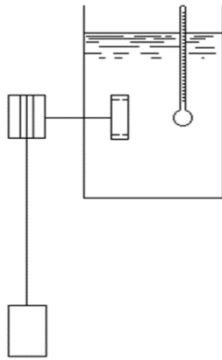


Figure 1. Joule's Paddle-Wheel Experiment

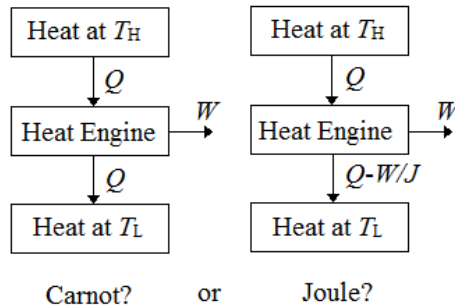
Thomson later designated the work heat equivalent as "J" in Joule's honor. These important experiments were later expressed in the first law of thermodynamics, which can be applied to the cycle operating according to a closed system,[1].

$$\oint dQ - \oint dW = 0 \quad (1)$$

If any closed system produces work over the course of a cycle, the sum of the net work done against the environment is proportional to the sum of the net heat received from the environment.

Joule convincingly confirmed the mechanical equilibrium of heat with various experiments. He proved that heat can turn into work and work can turn into heat. He asserted that heat is converted into work in a heat machine based on the principle illustrated by Figure 2 taken from [1].

In his commentary, Joule defended the explanation that "nothing is lost during the operation of the heat machine".



**Figure 2.** Carnot's and Joule's Heat Machines

In 1850-1851, Thomson explained that the theory of the dynamics of heat, or Joule's principle of "the transformability of heat and work between themselves," was the basis of Carnot's theory. He realized that the sum of energy could be maintained without any reduction. In 1851 he published a paper entitled "On the Dynamical Theory of Heat", based on the principles of both Carnot and Joule. Thomson was the first to propose the idea that energy is an important property for any system of interest. "Nothing can be lost in the functioning of nature, no energy can be lost".

Later, Helmholtz coined the term (*de*) as the change of the internal energy of the system. Thomson's Dynamical Theory of Heat, along with Joule-Carnot theories, has been very important for understanding Joule-Fourier theories. Based on these, Thomson believed that Carnot's ideal reversible heat machine operation was acceptable. Thus, it was understood that Carnot's heat machine efficiency and the resulting work value were maximum values, and no more could be obtained.

Thomson later published a paper on the principle of energy distribution; Carnot was pleased to bring together the theories of Joule and Fourier in harmony. Thus, two main concepts related to thermodynamics are explained. However, the significance of the entropy property, which would later be clarified by Clausius, could not yet be specified.

W.J. Macquorn Rankine: lived from 1820 to 1872, gained a reputation as an outstanding thermodynamicist in the University of Glasgow's Civil Engineering, and was a colleague of Thomson,[2]. These three scientists (Rankine, Clausius, Thomson) have built the principles of thermodynamics science, which are available to all of humanity. The most important concepts of thermodynamics are energy, entropy and temperature,[3].

Clausius collected his papers in 1864 in a book entitled "U function", which is of great importance in the theory of heat. He developed his own state function with expressions that he defined as  $U(V, t)$  and  $e(V, t)$ . Thomson first called this function mechanical energy and then structural energy. Later, Helmholtz called it internal energy,[4].

Clausius began the study of the transmutation/conduction of heat and realized that it could take two forms, "natural" and "unnatural". As a result, the working principle of a heat machine that operates continuously and has only heat and workflow between its limits has become clearer. The second law of thermodynamics, known today as the Plank-Kelvin law, which appears in modern thermodynamics books, was articulated by Plank. It has been explained that it is impossible to make a machine that completes a cycle and does not produce any effect other than mass increase during heat exchange with a single source.

Clausius, in his article in 1854, stated that heat can never pass spontaneously from a cold environment to a warm environment unless there is any other effect. This expression is now used in thermodynamics books by Clausius 2. He pioneered the second law of thermodynamics, which is known as his law: It is impossible to build a machine that works according to a cycle, that does not produce any other effect than the transmission of heat from a low-temperature environment to a high-temperature environment. This definition paved the way for the development of heat pumps and refrigeration machines.

After long analyses, the following correlation was obtained, which is now known as the "Clausius Inequality", which is very important for the reversible and irreversible cycle study of a system.





$$\oint \frac{dQ}{T} \leq 0 \quad (2)$$

This property is called entropy. Clausius defined this property by using the symbol S for the entire system and s for the unit mass of the system. The following correlations apply to a reversible process:

$$ds = \left( \frac{dQ}{T} \right)_{rev} \quad (3)$$

and

$$s_2 - s_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T} \quad (4)$$

The entropy of a closed adiabatic system increases or remains constant at a limit value. This is also true for an isolated system, which is a special case of the closed adiabatic system. This is defined as the "principle of increase in entropy".

$$dS \geq \frac{dQ}{T} \quad (5)$$

The third law of thermodynamics; It was first formulated by the German chemist and physicist Walther Nernst, who lived between 1864 and 1941. The third law of thermodynamics deals with the restrictive behavior of the system when the temperature approaches absolute zero. Most thermodynamics use only entropy differences in their calculations. Because of this, the zero point of the entropy scale has not usually been significant, but it is considered because the third law of thermodynamics explains the zero entropy condition. The Third Law of Thermodynamics; It is defined as "When the temperature of the crystal is equal to the temperature of absolute zero (0 K), the entropy of the ideal crystal is zero".

## 2. TEMPERATURE

Thermometers used to measure the temperature of objects are generally based on the thermal expansion of substances. Some remarks on the historical development of the thermometer and temperature scale can be made in the following way. In addition to the commonly used Celsius temperature scale, the absolute or Kelvin scale is commonly used for scientific purposes. The gradation of both scales is the same, so that the melting point of ice is 0 degrees and the boiling point of water at normal pressure is 100 degrees. The temperature measurement values of these fixed fixed points are as follows.

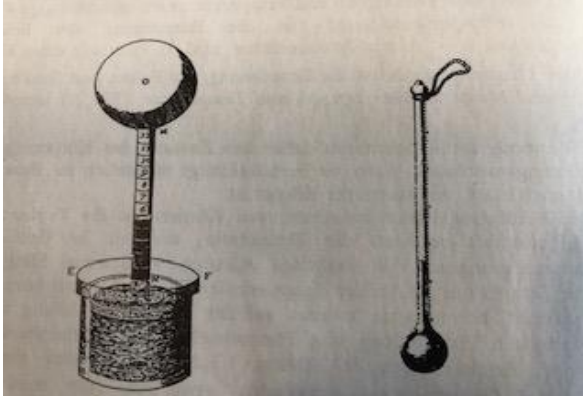
$$0^\circ \text{C and } 100^\circ \text{C or } 273,15 \text{ K and } 373,15 \text{ K.} \quad (6)$$

The terms hot and cold are, of course, ancient, but the quantitative detection of these sensations did not occur until the early 17th century, when modern scientific conceptualization began in other fields as well. Temperature was introduced and defined-it was originally sometimes referred to as a thermometer-but it's unclear who first invented a scale-working thermometer.

The Venetian diplomat Gianfrancesco Sagredo initially thought that the air thermometer had been invented by the Paduan physician Sanctorius Sanctorius (1561-1636). However, his venerable master Galileo Galileo Galilei (1564-1642) declared that he had made this invention and that he was the inventor, and Sagredo accepted this claim,[5].

The Welsh physician Robert FLUUD (1574-1637) seemed to know a few primary claims and interpreted them as follows:

„... the instrument has many counterfeit masters or patrons in this our age, who, because that they have a little altered the shape of the model, do vainly glory and give out, that it is a masterpiece of their finding out.”. Fludd wrote that he read about a thermometer in an ancient manuscript that was at least five hundred years old.



**Figure 3.** Fludd's outdoor thermometer (1626)  
Alcohol-Water Filled Closed Florence Thermometer (1641)

A weather thermometer is shown on the left side of Figure 3, illustrated by Fludd in his book "Meteorologica Cosmica",[6]. As the outside air warms, the air inside the sphere expands, pushing the water column toward the bottom. It should be noted that this "thermometer" also reacts to external air fluctuations, and with this feature, it becomes a barometer. This dual function can be avoided with the thermometer kept closed. One of the oldest devices is shown in Figure 3. The globe is filled with a mixture of alcohol and water "spirit of wine". When a hot object is touched to the sphere, the mixture in the sphere expands into the vacuum in the pipe, the upper end of which is closed. This thermometer has been called the Florence thermometer.

Daniel Gabriel Fahrenheit, a German physicist, engineer, and glassmaker, discovered the glass-bodied mercury thermometer in 1714. He developed a temperature scale of Fahrenheit, which was later named after him,[5,7].

Back to Sagredo and Galileo: On February 7, 1615, Sagredo wrote to his teacher and master, Molto Illustre Signor Eccellentissimo, in which he described his observations with thermometers,[4] in which he described his observations with his thermometers. The beautiful translation of the sentence in the middle of the letter is as follows:

"With these instruments, I was able to clearly see that our well water is much colder in winter than in summer;... even if our senses judge him differently."

Sagredo also mentions degrees. It is not known how he identified them. Everyone had their own rating, and the number of degrees decreased as the temperature rose, such as the Fludd thermometer in Figure 3 or the thermometer of the Englishman John Patrick, made around 1700, and bore the following definitions:

90° Extrean Soğuk .	55° Soğuk Hava.	15° Boğucu.
85° Büyük Don.	45° Ilıman Hava.	5° Çok Sıcak.
75° Sert Don .	35° Sıcak hava.	0° Aşırı Sıcak

Subsequently, many scientists strived for a uniform scale, and it was soon recognized as useful to present two fixed points. The Neapolitan professor Sebastiano BARTOLD (1635-1676) proposed snow and boiling water temperatures, but this was not immediately accepted. Other interesting suggestions include:

the freezing point of water and the melting point of butter,  
the temperature of a salt-ice mixture and a deep cellar,  
The freezing point of water and the human body temperature.



The last suggestion came from Isaac Newton (1642-1727); He divided the interval into equal parts by freezing at 0 and body temperature at 12.

The Gdansk merchant Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), for some unknown reason, believed that three fixed points were better than two. He explained them as follows:

the temperature of the mixture of ice, water and "sea salt",  
the temperature of such a mixture without sea salt, and  
temperature in the armpit of a "healthy living man".

These temperatures are; It is defined as 0 degrees, 32 degrees and 96 degrees. The number 96 reflects the 12 divisions of Newton, except that Fahrenheit divides each Newton degree eight more times. Later, Fahrenheit modified this scale so that the boiling point of water is 212 degrees, exactly 180 degrees above the freezing point. Thus, the body temperature has reached 98.6o Fahrenheit. This scale is still used today in the United States.

The scale used today dates back to the Swedish astronomer Aulus Cornelius CELSIUS (1701-1744), who set the freezing point at 0 degrees and the boiling point at 100 degrees; therefore, Celsius also counted "backwards".

It was not until his successor, Märten STRÖMER (1707-1770), as director of the Uppsala Observatory, that the direction of the census was reversed. The basis for this is that the observatory has published daily weather observations. On this day, the beginning date of the "Celsius" scale, which is familiar in the world, is April 13, 1750, six years after the death of Celsius.

From the information provided, the conversion between measures C and F on the Celsius and Fahrenheit scales is determined through the following equation.

$$C = 5/9 (F-32) \quad (7)$$

### 3. HISTORY OF PRESSURE AND BAROMETRIC PRESSURE, PRESSURE UNITS

Evangelista TORRICELLI (1608-1647) was Galileo's collaborator and commissioned Torricelli to investigate the operation of a water lifting pump. Figure \* shows the principle outline of such a pump. When the plunger is lifted, the water underneath the plunger is lifted with it. This was explained by the "fear gap" of nature at the time; Because if the water did not follow, it is clear that there would be a vacuum under the bottle.

However, a column of water cannot be lifted more than about 10 m in this way, and with further lift a vacuum is actually created under the piston. Toricelli explains these observations as follows: He says that air has a weight, and this weight is heavier on the surface of the water outside the pump. When the piston is lifted, the water is forced into the cylinder by the weight of the air, and the water pressure rises until it is equal to the air pressure.

### 5. CONCLUSION AND EVALUATION

All engineering applications involve an interaction between matter and energy. Therefore, it is impossible to think of a field of study that does not concern thermodynamics.

For this reason, it is very important for the sustainable environment and life here that the principles of thermodynamics are taught well and that the practitioners make their designs according to these principles.

Some of the application examples are; It can be called an electric or gas oven, pressure cooker, kettle, iron, computer, television or video set. In addition to these, automobile engines, thermal and nuclear



power plants, and renewable energy plants established based on wind, solar and geothermal resources within the scope of sustainable environment can be counted.

## LİTERATURE

- [1].Kakaç, S." Termodinamik Biliminin Tarihsel Gelişimi" TESKON 2015, Termodinamik Sempozyumu Çağrılı Bildiri. İzmir, 2015
- [2] J.H.Keenan, thermodynamics, John Wiley & Sons, 1941.
- [3] M. Planck, Treatise on Thermodynamics (Translated by OGG), pp.40-47, Longmans, 1927.
- [4] J.W. Gibbs, Collected Works, Vol. 1, p.51 (footnote), Longmans, 1931.
- [5]. Müller, I., "Grundzüge der Thermodynamik „ISBN 3-540-581 58-8, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1994
- [6] Middleton, W.E.Knowles, "Termometrenin Tarihi ve Meteorolojide Kullanımı", Johns Hopkins Press, Baltimore, Md. (1966).
- [7] Le Opere de Galileo Galilei, „Ed. Naz.“ Vol. XII, Firenze, Tipografia di G. Barbera 1902.

## RESUME

### Ahmet, CAN, Prof. Dr.-Ing.

He was born in Tekirdağ in 1953. He graduated from Faculty of Mechanical Engineering, Yıldız Technical University in 1974 with the title of Mechanical Engineer. He received the Master Engineer (Dipl.-Ing.) and Doctor Engineer (Dr.-Ing.) titles from the Institute of Energy and Process Technology of the Berlin Technical University of (**Fachbereich Energie-und Verfahrenstechnik**) in 1982 and 1984, respectively.

He received the titles Assistant Professor, Associate Professor, and Professor with the Faculty of Engineering and Architecture, Trakya University in 1984, 1989, and 1997, respectively. He worked as Professor at Turkish-German University in 2012 and Istanbul Arel University in 2014. He works at İstanbul Rumeli University since 2018. More than 170 national and international articles and papers have been published. He was awarded by TÜBİTAK International Publication Incentive Award eight times thanks to eight of them.

He is the translation author of the book **HÜTTE – ENGINEERING SCIENCE**, which is an indicator of the development process of German technology and standards from the beginning to the present (Literatur Publishing House, ISBN 978-975-04-04658. www.literatur.com.tr, Istanbul, June 2010). He has translated the 1600 Pages of **HÜTTE Grundlagen der Ingenieurwissenschaften** from the 32nd Edition in German into Turkish, the 11th Language of HÜTTE International Translations. Professor Can was awarded by Germany Almanya Internationales Bonn. The book **Grundlagen der Ingenieurwissenschaften**, which is famous in the world as HÜTTE, has been translated into 10 different languages so far.



## PHASE RELATED MATERIALS ON ECOLOGY

Stefan KARTUNOV<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup> Em. Prof. Dr-Ing., TU of Gabrovo, Bulgaria,  
[skartunov@abv.bg](mailto:skartunov@abv.bg) ORCID: 0000-0001-7709-9369

### ÖZET

Bildiri, faz bağlantılı malzemelerin sınıflandırılmasını, faz bağlantılı malzemelerin üretimi için teknolojik süreçleri, bunlardan optik fiberleri ve bunların çeşitli alanlardaki uygulamalarını ekolojiye vurgu yaparak incelemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Faz Bağlantılı Malzeme, optik fiberler, ekoloji

### ABSTRACT

The report examines the classification of phase-coupled materials, the technological processes for the production of phase-coupled materials, optical fibers from them and their application in various fields with an emphasis on ecology.

**Keywords:** Phase Coupled Material, optical fibers, ecology

### 1 Classification and physical properties

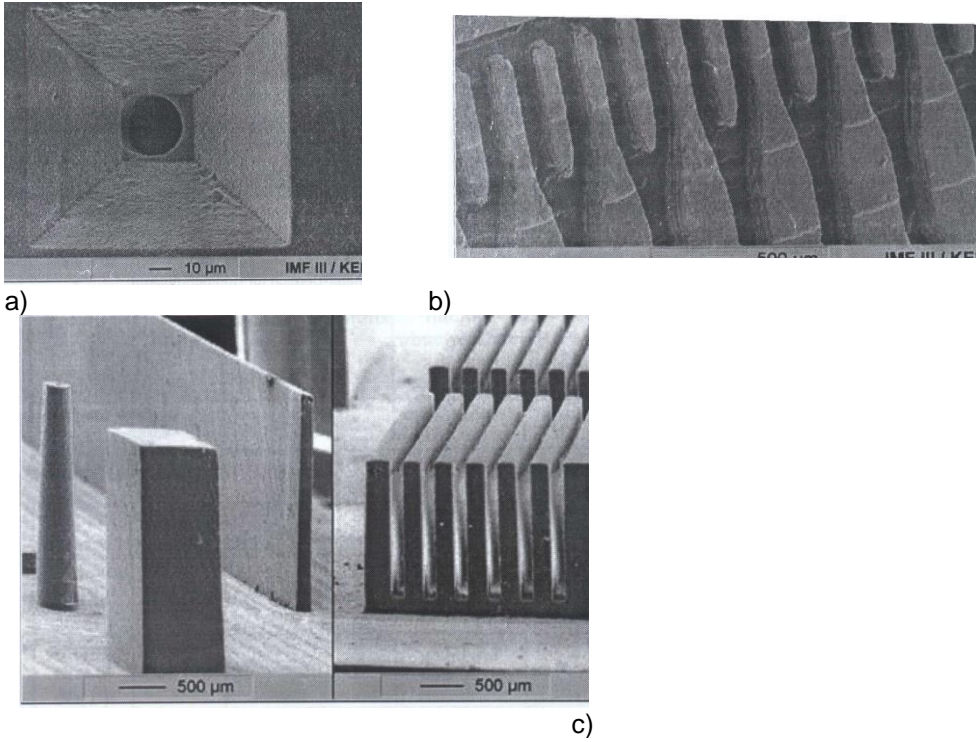
Binding materials are divided into:

- for connecting individual layers (bimetallic pairs, springs);
- for connection between the particles of different materials (powder metallurgy, electrical contacts from the elements and compounds Ag/CdO, Ag/SnO<sub>2</sub>, Ag/ZnO, sintered magnets, magnetosensitive flat elements, nozzles, flood distributors and connection of metallic and non-metallic components in artificial formed structure - toners for reproduction and printing equipment and control grids-figure 1) [1];
- for connecting individual parts (infiltration of sintered materials with a high melting point with metals of a low melting point in electrical contacts, for example from the combinations Wo-Cu, WoC-Ag, WoC-Cu, Wo-Ag);
- for phase bonding, which in turn are subdivided into: metallic compounds (Fe, Ni, Wo, steel), non-metallic inorganic (Br, SiC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, glass) and organic compounds (artificial carbon-based materials, cellulose), materials with mixed structure (metals, ceramics and organic substances such as graphite and epoxy) and hybrid composites (organic and carbon fibers reinforced with nanotubes or with SiC fabric and layered silicates) (figure 2) [2].

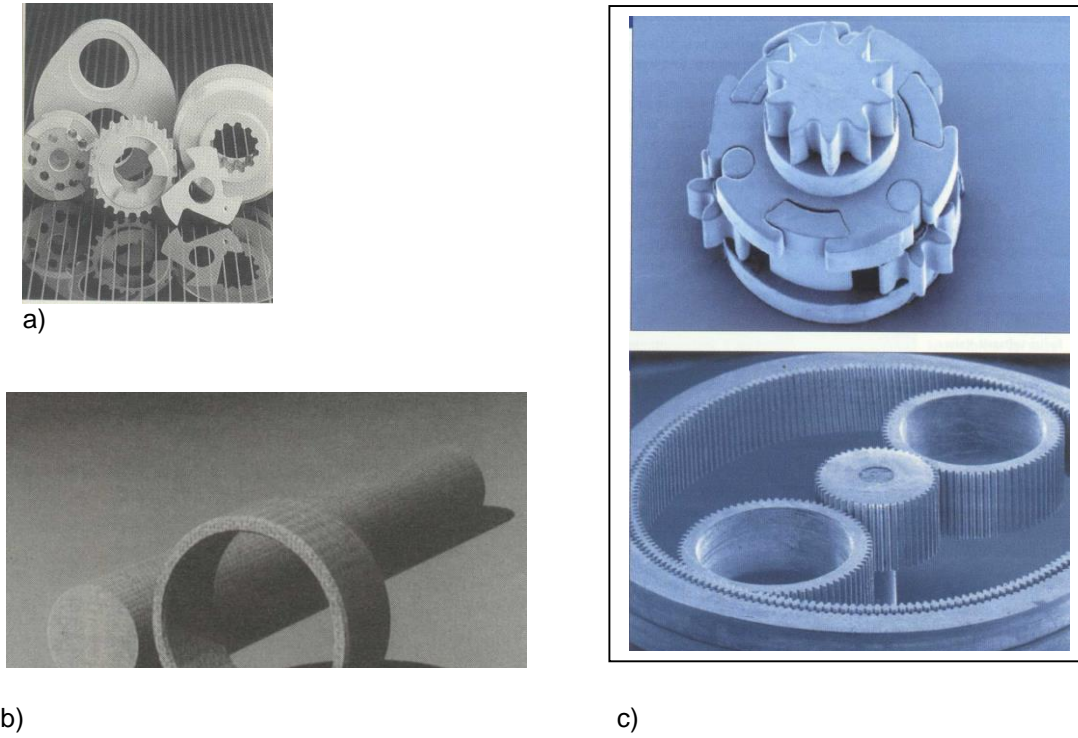
The properties of phase-bonded materials depend on the properties of the specific combination and their structure. With the first, the properties of the individual components and those of the part (product) are summarized. Table 1 presents the parameters of the most important materials.

Global climate change affecting the world and our country with the latest amendment made in the energy efficiency legislation, the use of renewable energy in new buildings of certain sizes has become mandatory.





**Figure 1.** Zirconia nozzle, alumina fluid distributor and high aspect ratio zirconia-alumina microstructures



**Figure 2.** Details sintered from steel and bronze (upper left), from phenolic resin (left), planetary gear from ROM and microharmonic gear from metal composite NiFe and MoSi<sub>2</sub> powder [3]





**Table 1.** Parameters of phase-bonded materials,[3].

Material	Density, g/cm <sup>3</sup>	Tensile strength (bending), N/mm <sup>2</sup>	Modulus of elasticity, N/mm <sup>2</sup>
Canvas in the form of a mat	1,45	160	12500
Canvas with a three-dimensional structure	1,72	268	22000
Canvas with multi-layer structure	1,93	526	33000
Glass phaser (S-glass)	2,50	3100	88000
Aramid fiber	1,0 - 1,4	3600	130000
Standard carbide	1,80	3500	220000
Special carbide	1,80	5600	300000 - 500000
Boron and silicon carbide	2,00 - 3,00	3500	400000
Borosilicate glass	2,31	-	64000
Especially borosilicate glass	2,28	-	64000
Electric glass	2,25	-	68000
Ceramics (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3,99	500	380000
Kevlar	-	3,6-3,8 GPa	0,06-0,18 TPa

The rule for mixing phase-related materials is based on the required modulus of elasticity  $E_c$ , which must be obtained in the new composite. With pure elastic deformation of the material and the lattice, the module  $E_c$  is determined by the formula:

$$V_c E_c = E_F V_F + E_M V_M, \quad (1)$$

where  $V_c$  is the volume content of the phase-bonded composite, %;  $E_F$  - modulus of elasticity of the first, connecting component, N/mm<sup>2</sup>;  $V_F$  - volume content of the first component, %;  $E_M$  - modulus of elasticity of the second, the base component, N/mm<sup>2</sup>;  $V_M$  - volume content of the second component, %.

### 1.1 Example:

$E_{Ag} = 75000 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_{steel} = 180000 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_c = 130000 \text{ N/mm}^2$  at 36% volume content of steel. With plastic deformation of the grid and elastic deformation of the joint, the modulus of elasticity of the phase-connected material  $E_{CB}$  is calculated by the formula:

$$E_{CB} = E_F \cdot V_F + d \sigma_M / d E_M \cdot V_M. \quad (2)$$

The new composite must always contain a certain volume of binder (phaser). Below this value, detail gain depends only on quantitative parameters and not on phaser properties. The minimum volume of the required phaser  $V_{min}$  is calculated:

$$V_{min} = (\sigma_{BM} - \sigma_M) / (\sigma_{BF} - \sigma_{BM} - \sigma_M). \quad (3)$$

The properties that determine the shape, size and location of the individual components are considered as properties of the structure, for example, magneto-resistance effect and Holl effect for magneto-sensitive elements - magneto-resistors and Holl elements - made from the InSb-NiSb eutectic mixture. Figure 3. Hybrid composites – organic and carbon fibers reinforced with BNT and combination with SiC fabric. Polymer-matrix nanocompo-sites consist of a matrix composed of a polymer material and a second phase (usually a few % by weight) that is dispersed in the matrix and has nano-scale dimensions. Examples of different types of braids in phase-bonded fabrics in the form of a single-layer mat, bulk and multilayer structure are given in Figure 4.

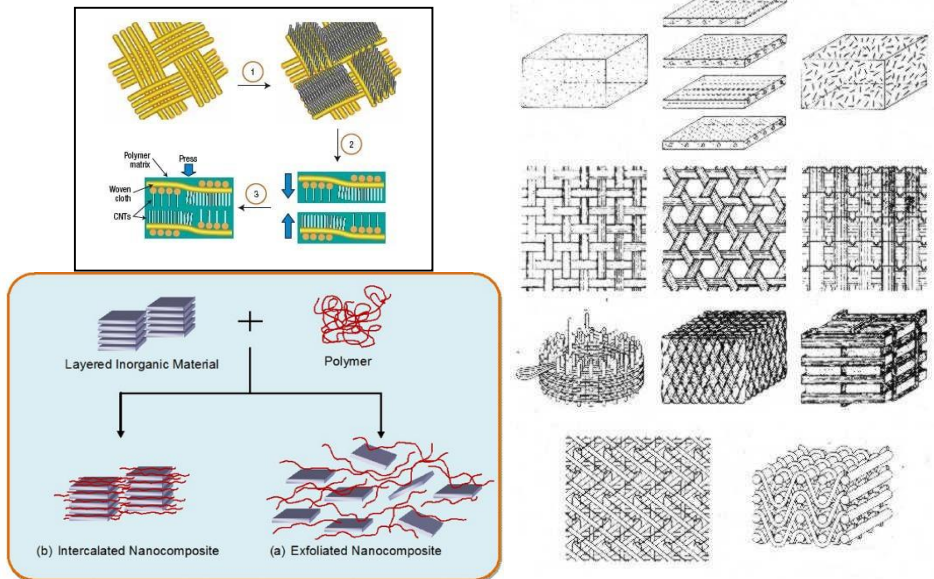


Figure 3. ?

Figure 4. Placements of braids in phase-connected materials

To determine the electrical properties, the specific resistance of the new composite is calculated in the transverse and longitudinal direction  $\rho_{e.g.}$  and  $\rho_{over.}$ , respectively, in series and parallel connection, according to the formulas:

$$\rho_{e.g.} = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2, \tag{4}$$

$$1/\rho_{over.} = V_F/ \rho_1 + V_M/ \rho_M. \tag{5}$$

## 2. Technological processes for the production of phase-connected materials

The technological processes for the production of phase-connected materials are mainly divided into [4, 5, 6, 7]:

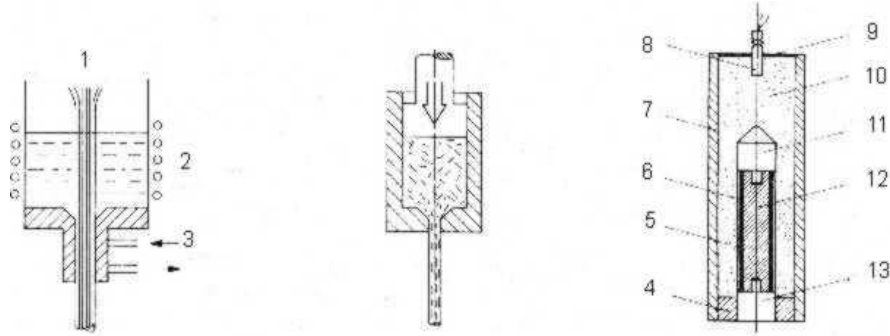
- direct (for existing semi-finished products);
  - indirect (for the production of the materials in a single process).
- Direct processes, in turn, are subdivided into:
- method of production of webs reinforced with phase-connected composites;
  - method of manufacturing light conductors from phase-connected materials.

The method of fabricating reinforced webs is shown in figure 5. On the right is a picture of plasma injection molding on silicon carbide [8].



Figure 5. Production of reinforced canvases by plasma injection molding

**Legend:** 1-phaser, 2-foil, 3-powder, 4-plasma torch, 5-plasma beam, 6-spray layer



Vertical Infiltration method

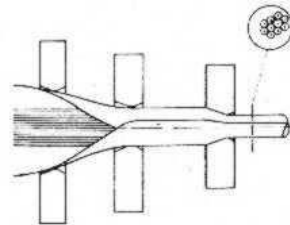
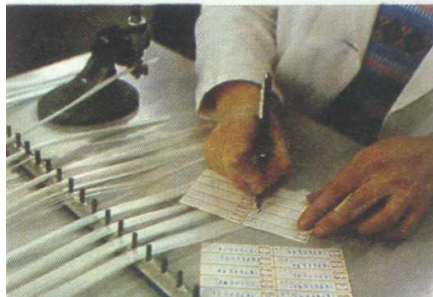
Draw Presses Explosive of the phaser as a rolled phase

Welding of reinforced housing

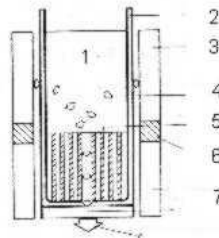
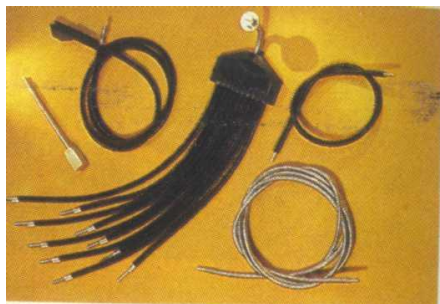
**Figure 6.** Operations for the production of light conductors from phase-connected materials

**Legend:** 1-beam-phaser, 2-melt, 3-water, 4-ring of synthetic material, 5-foil-phaser, 6-tube, 7-tube of synthetic material, 8-capsule detonator, 9-ring, 10-material, 11-head, 12-core, 13-ref

The second direct method of manufacturing light guides from phase-connected materials is carried out in the sequence: after vertically infiltrating the beam through an inductively melted structure, the pressing operation is applied to obtain a continuous light guide from a material with a uniform structure. Hollow parts reinforced with phase-bonded materials can be assembled by explosive welding. Figure 7 shows the operations of the light guide manufacturing method, and on the right are examples of optical light guides and fiber optic light cables [9].



deformation of filaments with a common mantle



**Figure 7.** Withdrawal and solidification of a bundle of phase-bonded material

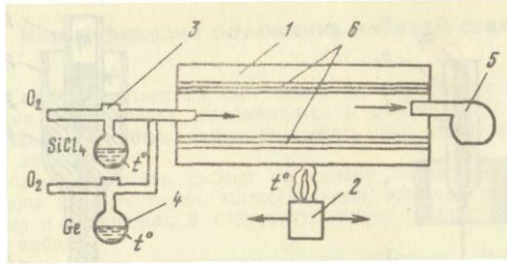
**Legend:** 1-melt, 2-crucible, 3-heating, 4-flow, 5-phase distance  $d$  in the solid, 6-isolation, 7-cooling

The indirect method is designed to change the shape of threads wrapped in a common sheath (bundles). The production of the bundle itself is done by targeted hardening of the eutectic mixture. The mechanism of solidification and drawing through nozzles is given in Figure 7.

### 3. Technological processes for the production of optical fibers from phase-connected materials with short fibers

The technological process for obtaining them consists of the operations (Figure 8):

- separation in a gas environment;
- reduction of metal halides;
- electrolytic deposition.



**Figure 8.** Chemical precipitation in gas phase

**Legend:** 1-support tube,2-heater,3-chlorinated quartz,4-germanium,5-suction,6-precipitated bed  
Example of reduction (substitution) of a metal halide: after chemical bonding, the halide is vaporized at a temperature between 400° and 900° C and reduced in a gas environment with oxygen. The resulting metal condenses on the wall of the reactor chamber, settles and can be collected. The so-called W-type optical fibers with a double optical sheath and a dispersion of about 1.3 μm are obtained [10, 11].

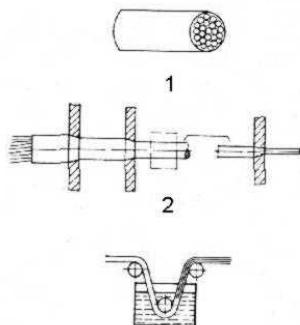
#### 3. 1. Production of thin optical fibers

The technological process for the production of thin, continuous fibers for light guides and waveguides includes the operations:

- plastic deformation in the solid state;
- chemical reaction;
- deformation in liquid state.

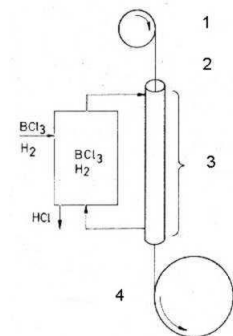
Deformation in the solid state is carried out by the method of conventional drawing through nozzles, often referred to in the specialized literature as the "Brunswick" method [12]. The resulting minimum diameter of the drawn fiber is determined by the superior properties of the target material and drawing transitions and reaches 5 μm. To remove tarnish, the fiber is rolled through a liquid. Figure 9 shows the principle of plastic deformation in the solid state.

A prerequisite for the chemical reaction in the production of continuous fibers from a phase-bonded boron-based composite is the support of tungsten fibers and their heating to a temperature of 1100 °C in an electrical resistance manner. The reaction is a thermal substitution of boron in an environment of hydrogen and is often called a chemical reaction (CVD-method) according to the formula:



**Figure 9.** Drawing continuous fiber through nozzles (left)

**Legend:** 1-source combination, 2-deformation

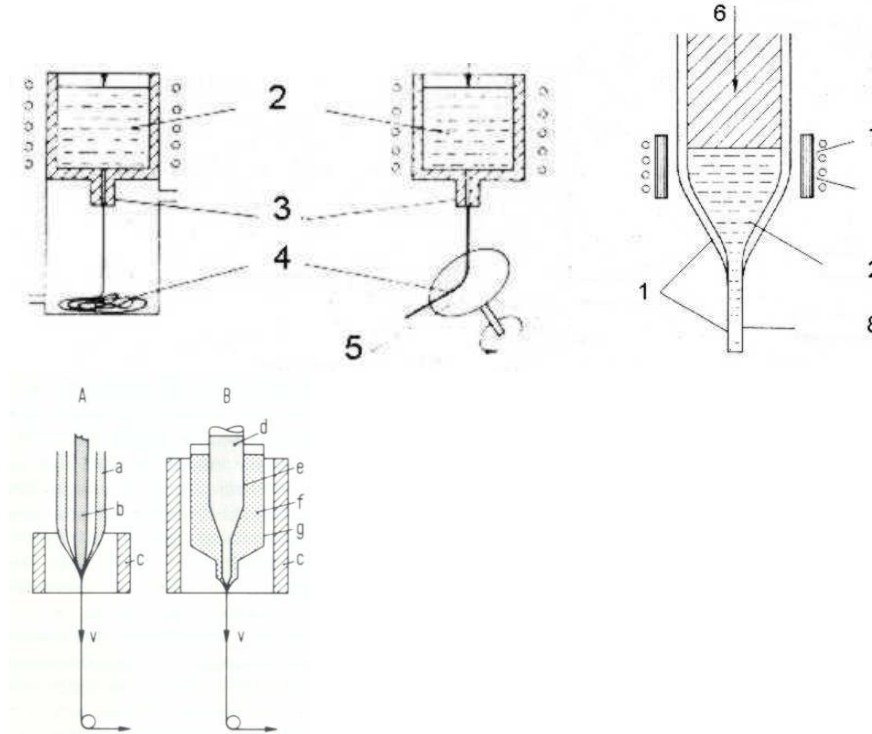


**Figure 10.** Chemical reaction to produce fiber from a borum-based composite

**Legend:** 1-Feeding Spool 2-Tungsten Filament 3-Response Zone 4-Filament Winding Spool

The deposition rate is 2-3  $\mu\text{m/s}$ , and the thickness of the resulting layer is about 40  $\mu\text{m}$ . Figure 10 shows a schematic diagram of the operation. Deformation in the liquid state can be carried out by the method of melt flow through a nozzle and by the Taylor method [13, 14, 15, 16]. The material is melted by induction.

Figure 11 illustrates the preparation of a fiber by deformation in the liquid state. On the right, the principle diagrams for the production of a light guide from glass-core and glass-sheath by the rod-tube method (A) and by the double crucible method (B) are indicated. The difference is that in method (B) both types of glass are melted in separate crucibles before being drawn simultaneously through a concentric double nozzle [9,11].



**Figure 11.** Deformation in the liquid state by induction and Taylor's method

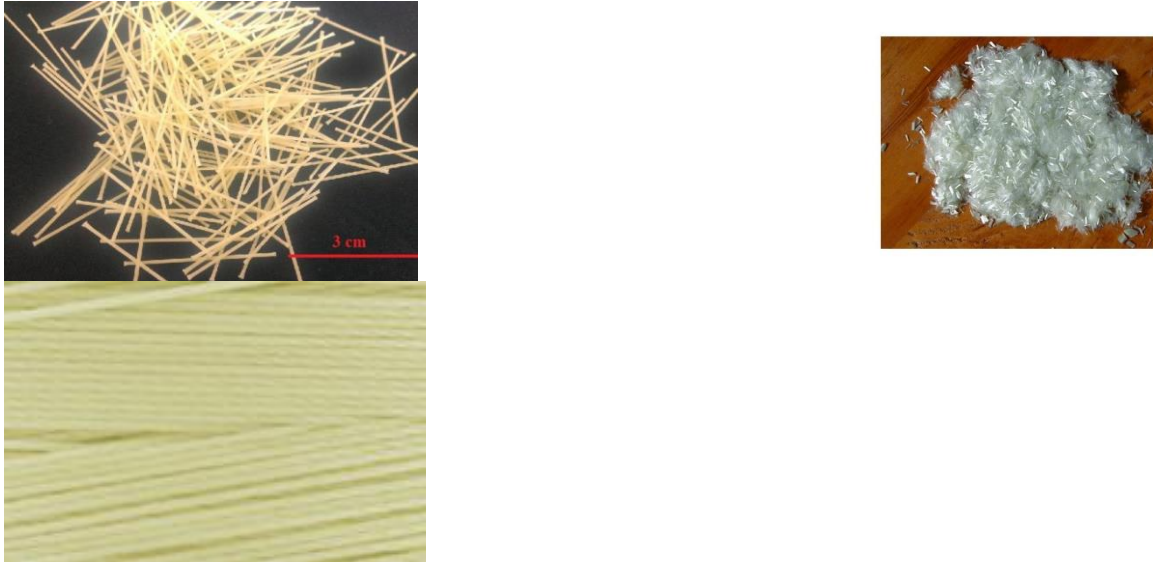
**Legend:** 1-glass jacket, 2-melt, 3-nozzle, 4-fiber, 5-cooling disk, 6-output rod, 7-induction heating coil, 8-microfiber, a-glass tube, b-glass rod, c-furnace, d-melt-core, e-inner crucible, f-melt-shell, g-outer crucible



#### 4. Appendix

Phase-connected composites are applied as materials in superconducting parts (NbTi, NbZr, Nb<sub>3</sub>Sn in copper, bearing structures) and reinforcing materials in aircraft-rocket construction, in light and protective structures, sports equipment. The production of contacts from phase-connected materials is carried out by plastic deformation in presses or hammers depending on the percentage of nickel in the material (Ag-Ni 20, Nimonic 80A, etc.). Figure 12 shows the sequences of work and the deformation of the material in both variants (in presses - on the left).

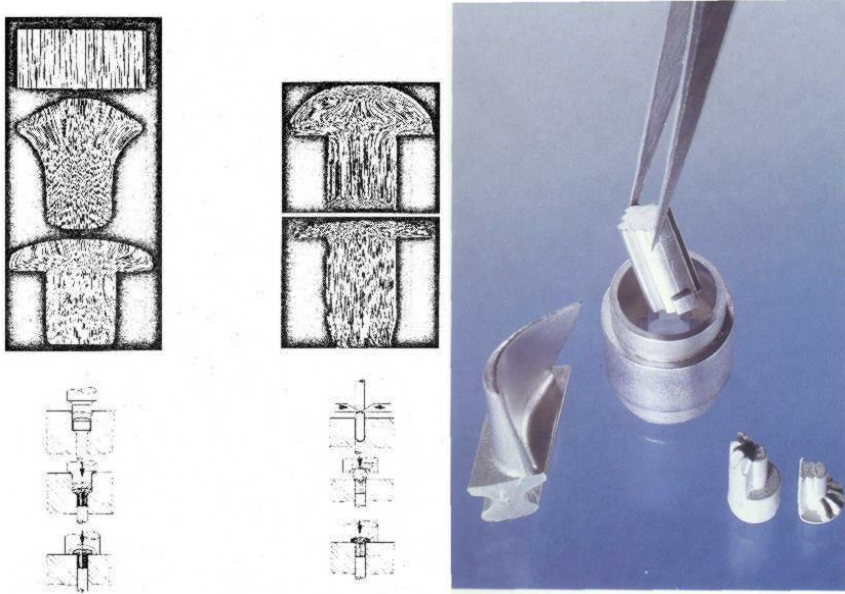
In particular, the asbestos-cement composite (eternite), discovered in 1900 by the Austrian L. Hacek, was particularly violently imposed in the production of eternite pipes, but due to its carcinogenicity it was stopped and already replaced by materials such as Dolanit (company Hoechst AG Germany) and Kuralon (company Kuraray Japan), produced on the basis of polyacrylonitrile, Fibrix for mixing with concrete (beton) and others. However, the complete replacement of asbestos remains impossible. KURALON™ is a synthetic fiber made from polyvinyl alcohol (PVOH) that is used in many industrial applications [18]. DOLANIT® - Polyacrylonitrile Copolymer is with 6% methyl acrylate and its suitable solvents are DMF, DMAc, DMSO, it provides good acid and alkali resistance as well as excellent hydrolysis resistance up to 125°C, and its application is for pipes, tiles and others [19].



**Figure 12.** Kuralon, Fibrix and Dolanit

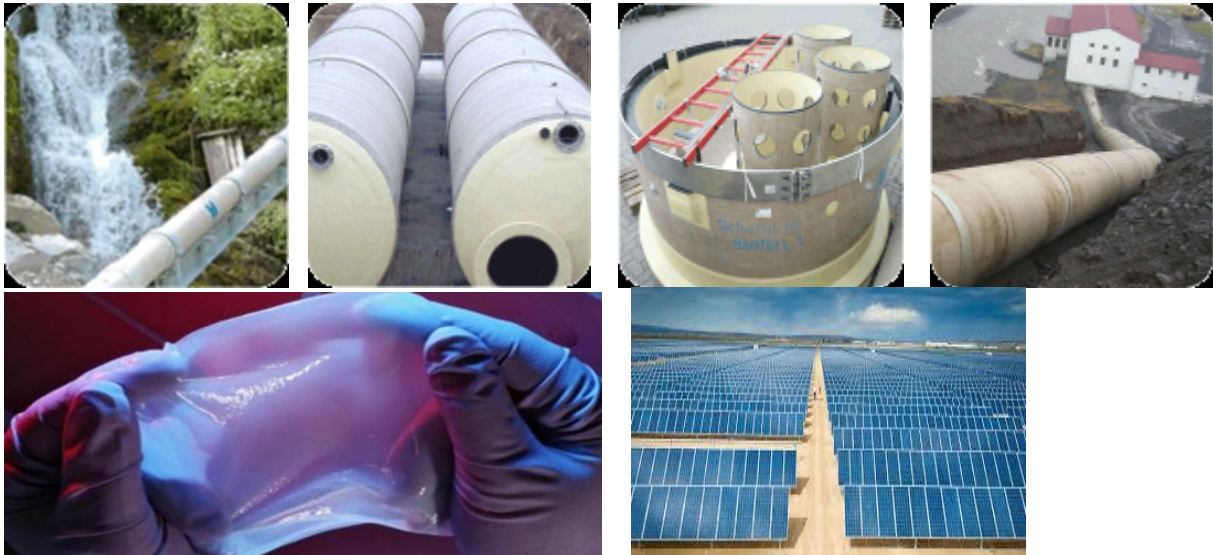
Phase-bonded composites are also used in the production of clutch and brake linings in the automotive industry, as well as in the household for flower pots and various containers. In Figure13 on the right, examples of wear-resistant microstructures such as turbine blades, details of drives and closing mechanisms in cars are given. Kevlar-29 and Rayon composites are very popular, which make it possible to produce fabrics of any desired length. Rayon is a semi-synthetic fiber (viscose) produced from natural sources of regenerated cellulose, such as wood and related agricultural products [20]. Currently, phase-connected composites with "physiological" properties are already being implemented in medicine and biotechnology, combined optoelectronic microsystems for various purposes, neural networks for artificial intelligence, etc.





**Figure 13.** Technological process for microcontact and wear-resistant structures from phase-connected materials

The properties of phase-bonded composite materials such as high tensile strength, lightness due to low density, lack of thermal expansion in the longitudinal direction, heat resistance in oxidizing environments up to 350°C, corrosion resistance to acids, alkalis and solvents with the exception of oxidizing environments and resistance to radiation in known radiation to high doses, etc. make them suitable for application in ecology, examples of which are shown in Figure 14- pipes for drinking water, tides, shafts, hydroelectric plants, filters, nanocellulose for packaging and renewable energy sources. Another promising nanotechnology application is Durethan, the material that makes parts of drug packaging.



**Figure 14.** Application of phase-related materials in ecology [17]



## LITERATURE

- [1]. [www.fzk.de](http://www.fzk.de). Prototypenfertigung von keramischen Mikrobauteilen (in Deutsch), 2023
- [2]. VDI-Z, Integrierte Produktion, Special Antriebstechnik, Düsseldorf, 1995-2001, (in Deutsch)
- [3] Къртунов С., Технологични основи в мехатрониката, микро- и наносистемната техника, Габрово, Mekatronik, mikro ve nanosistem teknolojisinin teknolojik temelleri, УИ „В. Априлов”, 2012 година, ISBN 978-954-683-482-9, с.383, COBISS.BG-ID – 1259450340, (in Bulgarian)
- [4] Guy, Metallkunde für Ingenieure, Akad. Verlagsanstalt, 1999, (in Deutsch)
- [5] Schott Glaslexikon, München, Moderne Verlag, 1980, (in Deutsch)
- [6] Ehrenstein G, Faserverbundkunststoffe, Leipzig, Fachbuchverlag, 1992, (in Deutsch)
- [7] Michaeli W., Wegener M., Einführung in die Technologie der Faserverbundwerkstoffe, Leipzig, Fachbuchverlag, 1989, (in Deutsch)
- [8] Kohlenstoff - u. aramidfaserverstärkte Kunststoffe, VDI Verlag, 1998, (in Deutsch)
- [9] Neitzel M., Breuer U., Verarbeitungstechnik der Faser-Kunststoffverbunde, Leipzig, Fachbuchverlag, 1997, (in Deutsch)
- [10] Вайсмантел Х., С. Къртунов, Съвременни методи за обработване на детайли и електронни елементи от уредостроенето и микротехниката, Alet уarıмının ve mikrotekniklerin ayrıntılarını ve elektronik elemanlarını işlemek için modern yöntemler, Габрово, ИК Колонел, 2000, (in Bulgarian)
- [11] Michaeli W., Huybrechts D., Wegener M., Dimensionieren mit Faserverbundwerkstoffen, Leipzig, Fachbuchverlag, 1995, (in Deutsch)
- [12] Проспектни материали на фирма 3D-System GmbH, Şirket izahnamesi, Darmstadt-Arheilgen, 1999, (in Deutsch)
- [13] Проспектни материали на фирмата Messer Schweisstechnik, Şirket izahnamesi, Griesheim, 1998, (in Deutsch)
- [14]. Donges A., Physikalische Grundlagen der Lasertechnik, Hüting Verlag, Heidelberg, 1988, (in Deutsch)
- [15] Eversheim W., Hochspannungsenergieverfahren, Aachen, TH Aachen, 1998, (in Deutsch)
- [16] Hügel H., Hochleistungslaser in der Fertigungstechnik, Stuttgart, Fertigungstechnischen Kolloquium, 1988, (in Deutsch)
- [17] <https://youtu.be/WyimKWVORME>, 2023, (in English)
- [18] <https://www.google.com/search?q=Kuralon&source>, 2023, (in English)
- [19] <https://www.knowde.com/stores/dolan/brands/dolanit>, 2023, (in English)
- [20] <https://en.wikipedia.org/wiki/Rayon>, 2023, (in English)

## 5. CONCLUSION AND EVALUATION

Conclusions and evaluations were made specifically under each section.

## CURRICULUM VITAE

Prof. Stefan Kartunov was born on May 13, 1956 in Gabrovo, Bulgaria. Graduated TMET “D-rN. Vasiliadi” and from 1977 to 1982 follows a course “Precision Engineering” at the Technical University of Gabrovo. From 1982 to 1988 he worked as a technologist and leading technologist at the Institute “Mechatronics” Gabrovo. It PhD successfully defended her thesis on “Aided design of technological processes” in 1992 at the Technical University of Sofia. In 2000 habilitation on spec. “Manufacturing Technologies”. Currently he is a professor in spec. “Computer Aided Design” TU-Gabrovo. He has published 20 books and published more than 150 articles and reports. His research interests are in the field of CAD/CAM-systems in micro- and nanotechnology and design processes for their elements. From 2021 he is an emeritus professor, Technical University of Gabrovo, Bulgaria, 5300 Gabrovo, Str. Hadji Dimitar 4, skartunov@abv.bg,



## Turkey and Innovation - Misconceptions and Realities

Osman ÇAKMAK\*

\*Prof. Dr., İstanbul Rumeli Üniversitesi

e-post: osman.cakmak@rumeli.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9293-5572>

### ÖZET

Bilginin ekonomik olarak kâr getirci ürün ve süreçlere dönüştürülmesi anlamında kullanılmaktadır. Türkiye’de teknolojik inovasyon için de bilim ve teknoloji geliştirmek için büyük bir potansiyel bulunmaktadır. Ne varki bu potansiyel inovasyon için yeterince kullanışlı hale getirilememektedir. Bu çalışmada, Türkiye’nin inovasyondaki temel yanlışları ve çözüm yolları gündeme taşınmaktadır. Bu çerçevede, inovasyon anlayışını güçlendirmek için bilginin kullanılması ve üretilmesine dayalı eğitim tartışılmakta; ülkemizde üniversite - sanayi işbirliğini zorunlu kılacak; bilim ve araştırma hedeflerinin hayata geçirilmesi konusu ele alınmaktadır. Buluş temelli ekonomiye geçilmesi ve yerli üretimi korumak için ihtiyaç duyulan tedbirler ve sistemler gündeme getirilmektedir. İsrafsız ve çevreci üretim, yenilenebilirlik, sade ve doğal hayat, insan mutluluğu ve konfor gibi çağımızda öne çıkan inovasyon hedefleri yerine niçin rant ve tüketim ekonomisi ağırlık basmaktadır sorusuna cevap arandı. Bu soruya cevap olarak, mesleki hayatın ahlaki, kültürel ve felsefi temellere oturması için gerekli eğitim yapı ve anlayışı gündeme getirildi.

**Anahtar Kelimeler:** İnovasyon, yenilik, buluş, ekonomi, eğitim, teknoloji transferi, üniversite-sanayi işbirliği

### ABSTRACT

Innovation refers to the generation of new knowledge, the combination of existing knowledge in different ways, or the transformation of knowledge into economically profitable products and processes. Turkey has a great potential for technological innovation and for developing science and technology. However, this potential is not sufficiently utilized for innovation. In this study, Turkey's main misconceptions and solutions in innovation are brought to the agenda. In this framework, education based on the use and production of knowledge is discussed in order to strengthen the understanding of innovation; the realization of science and research targets that will make university-industry cooperation compulsory in our Türkiye is discussed. Measures and systems needed to transition to an invention-based economy and to protect domestic production are brought to the agenda. An answer was sought to the question of why the economy of rent and consumption dominates instead of the innovation goals that stand out in our age such as wasteless and environmentally friendly production, renewability, simple and natural life, human happiness and comfort. As an answer to this question, the educational structure and understanding necessary for professional life to be based on moral, cultural and philosophical foundations were brought to the agenda.

**Keywords:** Innovation, invention, economy, education, technology transfer, university-industry cooperation

### 1. INTRODUCTION

One of the favorite words in the world of science and technology is innovation. The concept of innovation, which is used as "innovation" in English, is given as 'yenilik', "yenileşim" (TDK) in the Turkish dictionary.

However, the connotations of these words do not fulfill innovation neither in terms of its conceptual dimension nor its content. Because innovation is more than 'yenilik(novelty)'; it refers to the reflection of



novelty in life. We can say that the word "Ihtira", which in Ottoman Turkish means novelty and invention, both a process and a result, is a more appropriate term for patenting, not innovation.

It overlaps with the concept of "yenileşim (innovation)" that we encounter in some texts in Turkish only in one aspect. Since innovation consists of many activities, it needs to be managed. Therefore, the concept of "Innovation Management" makes sense. Although innovation is similar to research and development (R&D) in terms of being a process, it differs in terms of method. In R&D, the systematic and method is predefined and clear. In general, the use of tools with scientific legitimacy is obligatory. However, we cannot say that there is such an obligation in the innovation process.

There are indicators that innovation-oriented activities are increasing. If innovation is sustained, there is an increase in competitiveness and this means that you become stronger in the economy and technology. The industrial unemployment rate decreases; the national income per capita increases and, in parallel, there is an increase in the welfare level of the society. As a matter of fact, today, an important condition for both companies and countries to survive in an intensely competitive environment is the development of innovation capabilities. If firms at the micro level and countries at the macro level improve their innovation capabilities, their competitiveness will increase. As a result, the innovation performance of firms directly affects the innovation performance of countries [1]

Innovation is closely related to the generation of new knowledge, the combination of existing knowledge in different ways, or the transformation of knowledge into economically profitable products and processes. A country has national and regional innovation systems. These systems make very important contributions to regional and national development by increasing competitiveness. University-industry collaborations play a leading role in this process. R&D institutions play an important role in this cooperation. Likewise, technopolises and technoparks, innovation transfer centers and development agencies also play an important role in this process.

Countries with a high degree of innovation capability and an effective national innovation system easily enter into a sustainable economic development process. The basic competitiveness of the country increases. At this point, continued investments in R&D activities and the presence of human resources are important. These are not enough. At the point of supporting entrepreneurship, access to financing should be facilitated and risk capital should be sufficient. Likewise, intellectual property rights should be protected and the way for technological activities and industrial clusters should be open [2].

In achieving a sustained technological performance, imported technology is in no way a substitute for a certain innovation capacity of the country itself, built on a solid scientific foundation. The innovation capacity of a society develops through learning by doing/practicing and research and through the adoption of know-how. Accordingly, the educational structure in our country, which emphasizes test-based knowledge loading and exams, constitutes an obstacle to the establishment of the understanding of innovation in society. Because we can develop the understanding of innovation in society through discovery-based and invention-based educational environments. It is not possible for innovative, inventive and entrepreneurial young people to emerge in educational environments where what is known is repeated. For this reason, we believe that it is of vital importance that this concept is included and well understood in the curriculum and subjects of education in our country. Both the underappreciation of this importance and the ambiguity and confusion in the concept of innovation led us to prepare this article. This study seeks to answer the question 'why have we not been innovative and productive enough?'; for this purpose, the misconceptions and misconceptions that exist in our country about innovation are examined.

In a study titled "An Evaluation of Innovation Measurement in Turkey" (Atik and Elverdi, 2020), innovation measurements in the Turkish literature are discussed conceptually. In this review of innovation measurements developed in Turkey, it is pointed out that innovation measurements in Turkey started in the 2000s, and the activities of four important institutions, namely the Istanbul Chamber of Industry (ISO), the Turkish Exporters Assembly (TİM), the Turkish Statistical Institute (TÜİK) and the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TÜBİTAK), are mentioned [3].





## 2. WHAT IS INNOVATION AND WHAT IS IT NOT?

Mehmet Doğan, former President of the Writers' Union, introduces his article as follows: "When did "innovation" become a frequently used word? We are keen on novelty, so we picked it up immediately! Meetings and fairs are held under this name. Our Prime Minister was at the closing ceremony of one of these fairs. "Let's call it 'applied invention', not innovation."

Mehmet Doğan concludes his article by giving the meanings of the related terms in the dictionaries and the changes in their meanings over time:

"There is an institution in Turkey that deals with these matters: Patent Institute. The foundation of this institution, the original of the Patent Institute, was laid in the 1870s, during the reign of Sultan Aziz. As we browse the website of the Institute, we are struck by the sentence "to monitor the use of inventions", which is listed among the duties of the Institute. We cannot find the words "invention", "invention", "ibda" or "discovery" on this website. Apart from "invention", we also notice the concept of "industrial property". This institution is responsible for industrial property rights in Turkey. We seem to be left with three concepts: Invention, patent and industrial rights. Patent means a privilege, a patent of invention. Industrial rights are patent rights...

Why is there a need for so many words in a country like Turkey, which is devoid of inventions? If you say "invention", "ibda" would be more important! If you say "ibda", one might say which "ibda". If you say invention, what about discovery? We might as well just say it in gıaour!"[4]

Although "İhtira" refers to both a process and a result in Ottoman Turkish, we cannot use it in the sense of innovation. It is an innovation in the sense of new machine/device production or new method and design, and we can say that it corresponds to a patent. "Patent Practice in the Ottoman Empire: İhtira Berat Law" discusses the historical development of the İhtira Berat Law [5].

Since innovation is a process that results in a new output that produces value, there are four main characteristics of innovation. Innovation is a "process". At the end of this process, a product will emerge. So we are talking about "output". This will be a "value-producing" output and it has to be "new". Let us underline a point that is often confused here. Innovation should not always be seen as the emergence of something that has never existed before. It can, and often does, manifest itself by bringing together two previously mismatched things in different fields.

Let us dig a little deeper to better understand the issue of an output that has "started to produce value". This value is not just "monetary value". It can be social or strategic value. Whether it is physical or service in nature, the important thing is that this value is worth the effort.

By value, we mean that it has been accepted by the target audience and has begun to spread. If it is a new process, it will be used in the area where it is applied. For example, cost reduction or an increase in the quality of the process is within the scope of innovation.

In invention and discovery, it is not very important whether the product (output) has an economic value. What is important is the existence of innovation. In fact, this innovation does not even have to be physical. Patent applications do not require physical realization. However, the innovation must be accepted in the field of use for which it is intended. Therefore, there is no failure in innovation. However, inventions may fail [6].

As mentioned above, innovation, as a concept, refers to both a process (innovation/renewal) and a result (novelty). The EU and OECD literature emphasizes more on the process aspect of innovation and generally uses the following definition: "the process of transforming an idea into a marketable product or service, a new or improved method of production or distribution, or a new method of social service". This transformation process should result in a "marketable, new or improved product, method or service". In this respect, innovation is close to invention. However, it does not always reveal a new discovery in this process. Adding innovation to what has been discovered and opening new paths in different fields are also considered within innovation [7].





Innovation is defined as "the realization of a new or significantly improved product (goods or services) or process, a new marketing method or a new organizational method in internal practices, workplace organization or external relations". The basic requirement for an innovation is that the product, process, marketing method or organizational method is new to the enterprise. Joseph Schumpeter stated that economic development is driven by innovation activities, where new technologies replace old technologies, and referred to innovation as "creative destruction" [8].

We have brought up definitions of innovation from different perspectives. One of the most important points that draws our attention in these definitions is the "marketability" of what is produced, both in terms of process and result. The second important point is that there is no qualification on the "idea" subject to transformation. This idea can be related to either traditional technology areas or high-tech areas, provided that it produces a marketable result. Innovation is the transformation of science and technology into an economic or social good.

In light of these explanations, we can summarize the issue as follows. Innovation is "the renewal of science and technology for economic and social benefit." In other words, it is the transformation of an idea in science and technology activity into a benefit in terms of theory, action and result; it becomes a marketable, tangible output. Innovation is not a simple meaningful renewal. It involves a process that starts from the theoretical stage of innovation and includes the innovation product and accepts its marketability.

As is known, definitions have two basic functions. The ancients formulated these two functions with the phrase "all-rounder, all-important". In other words, definitions should both incorporate all the basic features of the concept and distinguish it from similar concepts. With these explanations, we believe that the definition of the subject has been realized. However, further explanations are needed to clarify how the subject differs from invention.

## 2.1 Is Innovation an Invention?

Innovation should not be understood as an invention. One of the best examples that distinguishes innovation from invention is the development of the Singer sewing machine. Perhaps you think that Isaac Singer is the one who invented the sewing machine and thus gave it its name. The inventor of the sewing machine was Elias Howe of Boston (1846). However, Howe failed to turn his invention into an innovation. Therefore, he lost the chance to name the machine after himself and make billions of dollars from it. Singer did it. Singer became the brand and name that comes to mind when it comes to sewing machines all over the world because it turned Howe's invention into practice and social benefit. Singer took advantage of Howe's patent for the sewing machine.

Inventions and patents offer great opportunities for innovation. Patents are the most important clues and starting points for innovations. Since entrepreneurs want to maintain their competitiveness by developing new products, production and management, they constantly monitor and examine patents in their field. To this end, they give priority and importance to Research and Development (R&D) activities.

Entrepreneurs are constantly seeking innovation. They are expected to innovate, not invent. What is important for entrepreneurs is to transform patents and inventions into social benefits. The most important way to do this is through R&D studies and university-industry cooperation. Only in this way can industrialists increase their market share and profitability and increase their competitiveness.

## 2.2 Misconceptions on Innovation

Power and wealth are not about having big factories and machinery, production and capacity, and expanding your business. However, the area where Turkish capital invests the most is machinery. However, the new understanding is to free itself from machines and production as much as possible and to focus on what constitutes real value, efficient and natural production that takes into account spiritual and human values. In the new understanding, innovation for technology in the service of human beings comes to the forefront, and wastefulness, efficiency, simplicity and natural life come to the fore.



Therefore, the new understanding is not interested in how many pieces of work machines produce, but in how much value machines produce.

Turkish companies, on the other hand, still continue to invest in machines with an endless appetite. Undoubtedly, this understanding is turning our country into a technology dump. We see that our industrialists do not understand R&D issues such as "Industrial Design" correctly. They think that R&D means paying license fees to foreign patents without obtaining a single patent. Many institutions have established R&D units, but have not realized that using materials purchased from different sources is not R&D. They also failed to grasp the difference between cheap laborer and cheap labor. They thought that costs could be reduced by increasing worker productivity. He has not yet met professions such as "Value Analysis" and "Logistics Engineering". It can export to markets that its licensor deems unprofitable for it only with permission. Our politicians understand innovation as "technology transfer from outside by paying for it" [9].

As someone who spent nearly 2 years in Germany on a scholarship (Alexander von Humboldt scholarship), I would like to address an issue in the light of my observations there. In Germany, chemistry undergraduates are enrolled in the department with high scores. The majority of graduates enroll in a PhD program. Most of the PhD graduates find jobs in the sector for R&D work. In recent years, chemistry departments, like physics and biology departments, have been closed down or unable to find students. When we visited a Siemens factory there, I learned that there were about 40 thousand R&D personnel and half of them were PhDs.

How many chemistry undergraduates get PhDs for R&D and find jobs as R&D employees? These observations show the wrong understanding and practice in basic science in our country [10].

How can we explain the lack of serious research centers and laboratories outside TUBITAK? However, every medium-sized manufacturing company should have an R&D unit and clusters should be established so that knowledge can flow from universities and research centers to companies.

### 3. NATIONAL INNOVATION SYSTEM

Innovation is not a separate activity in itself. It is an event that covers all processes of science and technology activity. Each country, each field of scientific research, each industrial unit is expected to formulate an activity that encompasses such a wide range of theory, action and output processes according to its own characteristics. Countries draw their own innovation strategies according to their national priorities. All elements such as power, brainpower, universities, planning, opportunities, industry, technology, industry and the market are parts of innovation. In order for innovation activity to work, it must be embraced and supported by all segments of society and the ruling power.

Another issue we will emphasize here is the National Innovation System. The National Innovation System constitutes the infrastructure for becoming competent both in producing science and technology and in rapidly transforming science and technology into economic and social benefits.

What does it take for the country itself to have a solid science base and a certain innovation capacity? This question introduces us to the concept of the National Innovation System.

What is the state of our National Innovation System? Let us first elaborate on what this system means and what it aims to achieve.

The national innovation system means the macro-level organization of the ability to rapidly transform science and technology into economic and social benefits. From this perspective, every discussion from national education to urbanization, from environmental problems to national security, from employment to the restructuring of public administration is evaluated within this context.

Beyond the institutional mechanisms for producing science and technology, the national innovation system includes the institutional mechanisms for transforming scientific and technological findings into



economic and social benefits. This is because it is not possible for any country, sector or business that does not have the ability to transform scientific and technological findings into economic and social benefits to survive in a world that is open to international competition and where traditional protectionism has been abolished.

The national innovation system, in general,

1 - To be able to acquire new technologies related to products or production methods; to be able to assimilate and use these technologies; to be able to ensure the diffusion of these technologies to all fields of activity of the economy;

2 - Product development, designing new products;

3 - To be able to develop a new production method together with new product design, to be able to design a new method;

4 - To be able to design and manufacture the production machines required by the developed or new production method;

5 - To be able to continue technological research and development activities that feed the aforementioned design and production processes; to be able to produce the technologies needed based on scientific findings and to be able to produce the science that constitutes the source of those technologies;

6 - It refers to a system formed by national institutions that have the ability to develop organizational methods that regulate the relations within and between research, development, design, production (manufacturing), marketing processes and reproduce them at higher levels and the relations between them [11].

### **3.1 Barriers to the National Innovation System**

The pace of scientific and technological change in the world is increasing day by day. The technology we have can remain up-to-date for a maximum of 6-7 years. After a while, a much more modern and advanced, more practical, faster, higher quality and cheaper version of this technology is introduced to the market. In this case, your competitiveness weakens and it becomes difficult for you to survive. You are forced to renew your technology. In this case, you encounter the reality of innovation and start R&D studies. Because without research and development (R&D), it is not possible for the industry to survive.

It is unthinkable that our industrialists are not aware of this fact. So why don't they knock on the doors of universities for R&D?

Why can't necessary and sufficient communication links be established between the public and the university? We give the following answer to this question: Higher Education Council (YÖK) system has established an unsustainable structure that virtually prohibits university professors from serving the public. For example, there are serious obstacles to counseling. However, we can explain the most important obstacle as follows. R&D work requires serious financial resources. Industrialists cannot afford this finance. The industrialists, who are fighting for life and death under the current conditions, do not have the money to allocate for R&D.

Another obstacle to the real establishment of industry-university cooperation is the extraordinarily high costs. This is because price mechanisms in our country do not function according to free market conditions.

Customs, tax policies, base purchase prices cannot be determined by taking into account the realities of our industrialists' ability to compete with world countries. Taxes on petroleum, electricity prices, communication, etc. are often higher than European countries and even the USA. In addition, the excessive complexity of bureaucracy frustrates the entrepreneur.



Therefore, large conglomerates in our country outsource their technologies through patents, licenses, know-how and engineering agreements. Many of them already have partnerships in multinational companies. Therefore, there is no need for R&D studies for innovation, and R&D units within the company serve their departments in the field of ready-made and imported technologies rather than conducting research. In other words, they try to survive with imitation and copy technologies. Small and medium-sized companies, on the other hand, do not have R&D units.

Both TUBITAK and universities support a number of practical researches. However, the research understanding of universities in our country has become predominantly indexed to publishing only to be put in the file for academic promotions.

The purpose of doing research in universities is this: To obtain something for the benefit of society from the results of research. However, this aim seems to have been forgotten in our universities. For this reason, it is not questioned what the increase in our ranking in citation indexes such as WOS (Web of Science) brings and what our people gain from it. The extraordinary sums allocated to YÖK and TÜBİTAK are spent on "file publications" that do not benefit the public. This is diametrically opposed to Turkey's innovation efforts. Unless Turkey changes these attitudes, it is unlikely to establish a national innovation system.

As a result, the current understanding of publishing for promotion and title in universities is fundamentally contrary to the philosophy of innovation.

### 3.2 Priority Questions

There are questions on our agenda for our universities to become pioneers and engines of development and to function as brains. We can list them as follows:

What kind of research should industry conduct in our country?

What kind of research should the university be oriented towards?

What kind of investments should our universities make?

In which kind of subjects should we train scientists with PhDs?

Which fields should we focus on?

How should we utilize the national resources of our country in terms of science and technology?

How should we motivate industry?

To the extent that we raise the right questions such as these, our path will open up and we can face the realities. Because the lack of progress in solving these problems has a lot to do with the fact that these questions are not on our agenda.

Again, another painful fact in this field is the following: Hundreds of thousands of theses and dissertations are being researched in universities, but they are generally not related to our industrial, economic and cultural life and our future.

Imagine that you have so many universities and tens of thousands of academic staff. So much scientific research is being done. But these studies are not related to our innovation priorities. There are no necessary sanctions and systems. What could be worse for a country's science and research life?

### 3.3 Clustering and Priorities

The strategy for clustering is this: You will make the strong area stronger. In other words, using resources in the most efficient way and creating synergies in that area. In a city or region where there are many chemical companies, we can create a cluster for computer hardware. Thus, it is possible to



make that region specialized and advanced in the chemical industry worldwide. In this case, the state would allocate the resources to chemical production mainly here.

As a result, you declare a province or region as a specialized region, whichever province or university is advanced in which field. The criteria for expertise will generally be companies, the expertise of universities and research centers. Thus, clustering will occur in the regions. In other words, you bring together universities, research centers and companies. As knowledge transfer is organized here, resources will flow to universities. Resources will flow to universities as companies give research assignments to universities in exchange for money.

As we have done in the defense industry, Turkey should identify areas where it can be assertive in the chemical industry. For example, there is great potential in the field of chemistry (especially synthesis, organic, biochemistry). The second area where we will be assertive is agriculture. Especially organic agriculture and the food industry are at the top of the list.

Chemistry and biochemistry is one of the key points in the development of our country. In Turkey, the vast majority of medicines and chemicals are imported from abroad. Today, if the chemical industry is directed and guided projects are initiated, we can make most of the medicines and chemicals, solvents, cleaning and cosmetics, substances used in food, etc. that we import.

However, we import most of the chemicals (or their raw materials) from abroad. We should not be misled by the existence of some copycat chemical industries that are not based on science and innovation and cannot compete with the outside world.

The first thing to do is to identify research priorities that are critical for Turkey. For example, one of our research priorities is to produce in Turkey what we buy from abroad. We have identified research priorities, then what? These priorities are announced. This is a message to citizens. Where is the world and where are we?

Then, universities and institutions that support and direct research, such as Scientific and Technological Research Council of Türkiye (TÜBİTAK) and Health Institutes of Türkiye (TÜSEB), receive a mission statement. The mission, i.e. goals and research objectives, should filter up from the bottom up. This bottom-up approach to solutions, which makes the relevant strata of society part of the solution, is the practice of true democracy.

Then, everyone will own the priorities and the goal. Academics will be guided in this way, and the resources of the state will begin to be utilized in line with the mission and goals set. If science and research policies and strategies that bind and guide the relevant sectors are put into practice, our industrialists will be free from uncertainty about which areas to invest in. Universities will also stop engaging in "aimless research".

We know the fate of bespoke science policies (e.g. Vision 2023). Vision 2023 is an example of science policy-making without the participation of those concerned (it does not rise from the bottom to the top). This is why tens or even hundreds of research priorities, which are put forward as priorities, prepared in a manner detached from the realities of society and industry, remain ineffective like rain falling on a desert.

The science and research priorities established by TÜBİTAK do not have sanctions that bind the relevant institutions. Therefore, the targets remain largely on paper. The most obvious example of this is that these priorities are not taken into account even when TUBITAK, TÜSEP, BAP (Scientific research projects funding systems for universities) and other projects are funded.

### **3.4 Measures Protecting Domestic Entrepreneur**

In recent years, our country has made great strides. Roads, bridges, airports, etc. From now on, it is advanced technology, especially chemistry and biotechnology projects that will make the country fly. Investments based on innovation and science.





There are great potentials in the field of chemistry and biochemistry in our country. Due to the lack of a community-university relationship and the publication-oriented strategy of the Council of Higher Education (YÖK), it is the outsiders (Westerners) who take these publications forward. Our universities, in this case, act as a kind of "subcontractor" for them. The way out of this situation is for our universities to move away from "publishing for the sake of publishing" to "product-oriented" studies. Then Turkey will be in a position to produce and export its own medicines and biochemical kits. The way to achieve this is to move towards targeted studies in the chemical industry, as in the defense industry.

The defense industry has become a very good role model. The sector has brought our country to a very good point by increasing and developing tender models with domestic production purchase guarantee specifications. Practices in the defense industry should set an example for other fields. For this purpose, start-ups should be developed for the commercialization of high technological knowledge and direct incentive models should be increased in addition to indirect incentives for sector stakeholders.

One of the most important points to be considered in this field is to provide support to local companies that feel themselves in the clutches of global giant companies. Protective measures should be introduced, such as a premium from the state and a protection shield in case of possible contrary situations in the audits of the Court of Accounts. Managers who do not increase the purchase rate every year in favor of local companies should be faced with the risk of salary and demotion.

Every technology and product we make domestically is denigrated; imported ones are wonderful! However, all these are lies of the exploitation order established by global giant companies. Those who speak out against wrongdoing in order to break the monopoly are somehow punished, intimidated and frightened. They are even eliminated.

Since global companies do not accept competitors, they establish monopolies by buying our newly growing companies in our country. In this way, our own local companies are not given the opportunity to grow stronger. Since we cannot own and hold them in our hands, they leave our hands one by one. You cannot stand in front of the "dragons".

These global companies do not even allow our diagnostic kits and chemical products into our own national market. This is how national and domestic companies producing diagnostic kits were "sunk" in our country. More precisely, they became small bites for dragons.

### **3.5 Research Needs Targets**

Universities exist to bring society together with innovations/inventions. Why is this mission being forgotten? As you know, no wind helps a captain who has not determined where he is going. In the absence of a science policy and target, even if very valuable discoveries are made in universities, these discoveries and developments cannot be transformed into production. The main reason why industrialists in our country do not apply to universities for research and development is that our country's "science policy and research targets" have not been determined.

Even if they have been determined, they are not "binding" on universities or even the government, in other words, the necessary measures have not been taken for their realization. Without targets, without protection and incentives, universities are forced to conduct research on random topics, and industrialists do not know which branches of industry to focus on. As a country, science and research targets have not been set. Even if they are set, they remain on paper. Because the set targets should have mechanisms that bind professors. In other words, there is no persistently implemented science policy or research and development policy. This situation constitutes the biggest reason for the lack of R&D and university-industry cooperation.

## **4. PHILOSOPHY FOR EDUCATION AND RESEARCH**

Under the name of university-industry cooperation, the names of tools that have been known for several centuries have been mentioned for years, but the question of how we have not been able to put them into practice is not asked.



We can only reach the right answers by asking the right questions. We have an educational approach that fails to teach us that the most effective problem-solving tool is to design the right questions. As a result of the education we receive. In an educational structure where the answers to everything are taught, there is no need for questions and research. In test-based education from primary school onwards, we keep memorizing questions with obvious answers.

According to this situation, the common characteristic of our higher educated people (hence our intellectuals and the authorities in the position of solution) is that they do not have questions. We try to make others memorize the answers that have been memorized and memorized for us. Almost everyone is trying to impose their own truths on others. Therefore, we do not seem to have a problem about how to solve problems.

#### 4.1 Philosophy and Motivation in Education

In our country, the question of whether there is a philosophy on which the education system is based is constantly raised and the answer is sought. Unfortunately, the question cannot be answered positively. There is a need to base our education on a strong philosophy of education with our own concepts and perspective, with its ontological, epistemological, moral, cultural and civilizational dimensions. Without a philosophy in education, what is inculcated in education is only "success". When the cultural, civilizational and vocational/skills aspect of education is absent (or weak), the drive for success feeds students' feelings of competition and selfishness, not inventiveness and innovation. Their subconscious minds are loaded with messages that merit and competence are invalid things.

Since the psychology and emotions, beliefs and cultural values of our people are not included in the analysis of mental studies and innovation analysis, the necessary analyzes do not come to fruition.

Motivation can only increase and develop within a conceptual structure that feeds it. What drives people to work, invent and research is the enthusiasm and excitement environments that emerge with the conceptual structure. The infrastructure that gives rise to enthusiasm is the environments in which their own cultural conceptual structures are included. These are the environments nurtured by the right conceptual structure. Otherwise, if there is no conceptual environment that feeds and breeds enthusiasm, motivation will be extinguished.

Life consists of activity and movement. The engine of activity draws its energy from enthusiasm and excitement. If adequate and necessary national goals are not given to education, feelings of enthusiasm and motivation will not be mobilized. The means of science are universal. However, its goals are national. We have to consider and restructure the processes of producing and using technology and informatics, educational processes, civilization and education, the structure and characteristics of knowledge, the nature and life processes of human beings, the processes of acquiring knowledge, thinking and learning to learn and the conceptual plane of education, the moral values and other concepts in computer-aided education and information access institutions in the context of our own perspective and culture. In short, we call this bringing philosophy to education.

In his book "Philosophy, Logic, Science and Ethics in Engineering" Prof. Şen summarizes the results of education without philosophy as follows[12]: "...transplantation, rote memorization, stereotyping, dullness, especially in engineering, formulaicism, methodism, imitationism". "Distorted structures in society, injustices, corruption, and the widespread increase in the principle of loyalty instead of merit" are also the results of unphilosophical education.

"Transmissionism (accepting what is learned from the teacher or someone else as uncritically true and valid in all cases), not pursuing innovation, even if it is pursued, it does not bring any benefits in society, and the principles of philosophy and logic are almost completely out of the picture" are also the consequences of unphilosophical education.

Şen continues as follows [12]

"An education without philosophy leads to slavery and an illogical one to living death. The absence of philosophy leads to the absence of questioning, the inability to come up with multi-optional analyses,



and the ignorance of the rules of logic leads the engineer (person) to the inability to decide wisely between these options. "

However, education aims primarily to develop the imagination and productivity of individuals, even beyond the acquisition of skills. Mimicry is the biggest obstacle to originality and free thinking. Those who are used to imitation cannot innovate and think big because they cannot use their imagination.

Education should teach individuals how to think independently and give them self-confidence and entrepreneurial spirit. The infrastructure for this is the educational environment in which the individual gains personality and identity, and which is nourished by his/her own educational/scientific/existential philosophies.

You need to grasp their logic and science before copying them. You need to grasp the words, concepts, terms and propositions at the root of the knowledge of these technologies and interpret and even reproduce them from your own perspective and in your own terms. In this way, you will take the first step towards nationalizing them.

The words attributed to the Prophet Muhammad (hadith) "He who has two equal days is in loss" (see Aclunî, Kashfu al-Hafa, 2/276) and the words attributed to Prophet Ali "raise your children according to the times they live in" draw our attention to the importance of change, development and renewal in new horizons.

How can we build an educational environment that facilitates curiosity, inquisitiveness and questioning? First and foremost, the question of what is worth living for in order to earn a living must be answered. In order to philosophize education, faith and cultural values should be taught before knowledge, and the sanctity of sweat and labor should be taught. The path to innovation has been blocked by easy ways, for example, technology transfer that focuses on ready-made solutions with the understanding of making money in a short way. For example, it was thought that copying ready-made software would lead to technology. However, even transferring and copying requires a certain scientific background. It must be done in a proper manner.

If you do not have your own perspective and concepts, the logic that controls the quality of ideas will not work. If you do not have your own point of view and your own educational philosophy, you cannot get help from philosophy, which is the dynamo of the production factory. Along with the product and technology you transfer, you also take the philosophy and idea of that technology and you cannot innovate. Because those who copy and imitate cannot think freely and uniquely and cannot innovate.

If you have the educational structure to act with the principles of philosophical thinking and logic, what needs to be done is clear. In that case, everyone from the grocer to the holding company owner, from the peddler to the university lecturer, from the media, politicians and especially bureaucrats will use their productive intelligence and will always seek innovation.

## 5. DISCUSSION AND EVALUATION

When we carefully examine the countries that generate large incomes, we see that they generate large incomes through their own inventions. The owner of the invention can do what you cannot do with another invention. They know how to maintain the difference with new models. Moreover, they make profit by selling the invention that provides this innovation. On the other hand, countries that copy, that is to say imitate, cannot earn a high income by copying. Moreover, these countries only sell patents that have become obsolete, lost or diminished in importance due to new inventions. After they sell you the patent, when you start producing goods according to it, you realize that they have introduced new products and you are forced to sell your products cheaply. As soon as you get the new patent, you know that the inventor country will launch a new one.

Our country has a certain economic power. But when this power is not generally based on science, it does not mean much value. Because without innovation, our industrialists have to invest in fields that other countries do not deign to enter. For this reason, our industrialists produce with copy or imitation technologies by paying a high license fee to foreign patents without obtaining a single patent. However,



it is not possible to produce products with high added value and competitiveness with continuous copying. Achieving high incomes in trade is only possible with products that are not similar elsewhere.

Of course, scientific and technological development can only be possible through rational, stable and appropriate science policies and appropriate strategies that take into account all kinds of sacrifices when necessary. Of course, scientific and technological development will not be possible if it is not based on a political will.

To reiterate, the biggest handicap of Turkey's science and technology potential is that it lacks the support of a conscious political will. The role of invention-innovation and innovation in development is not understood due to the extraordinarily misconceived ideas and misconceptions that exist on this subject. For this reason, science remains largely an accessory in our country, and universities are unable to perform much more than diploma-granting institutions. The great potential of universities cannot be mobilized.

As a result, the best, long term, continuous and most productive investment our state can make is the investment in science and innovation. This needs to be clearly and firmly realized by our politicians and bureaucrats.

## LITERATURE

- [1] a) Dalgıç, G., Hacıoğlu, F., Arbak, H., Taşpınar, P., Gençer, H., Karaata, S. “ İnovasyon ölçümüne ilişkin bir derleme: dünyadan ve Türkiye’den bazı öne çıkan yaklaşımlar.” b) Akpınar, R. (Ed.). “Ar-Ge ve inovasyon programlarında değerlendirme ve etki analizi içinde.” 38-64. İzmir: Kitapana Basım Yayın, 2015.
- [2] Işık, N., Kılıç E. C. “İnovasyon Sistemi Yaklaşımı Ve İnovasyon’un Coğrafyası: Türkiye Örneği”, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, Cilt: VII Sayı: 1, 2012.
- [3] Atik, H., Elverdi S. “Türkiye’de İnovasyon Ölçümüne Yönelik Bir Değerlendirme”, IBAD, Sosyal Bilimler Dergisi (Özel Sayı), s.695-712, 2020
- [4] Doğan, D. Yeni moda bir kelime: İnovasyon! Yeni Akit, 08.12.2014. [www.tyb.org.tr/yeni-moda-bir-kelime-inovasyon-17914yy.htm](http://www.tyb.org.tr/yeni-moda-bir-kelime-inovasyon-17914yy.htm) (25 ocak 2024)
- [5] Yazıcı, S., Şahin, S. Osmanlı Devleti’nde Patent Uygulaması: Örneklerle İhtira Beratı Kanunu İncelemesi, *History Studies* 11 -2 s 815 – 825, 2019 .
- [6] Özdiç, Ö. İnovasyona Yeni Bir Tanım Önerisi: “Yeni” ve “Değer Üreten” Bir “Çıktı”yla Sonuçlanan “Süreç” (İnovasyon yazıları) <http://sd.com.tr/inovasyona-yeni-bir-tanim-onerisi-yeni-ve-deger-ureten-bir-ciktiyla-sonuclanan-surec/> (Erişim tarihi: 25 ocak 2024)
- [7] Özdiç, Ö. Ulusal İnovasyon Sisteminin Sosyo kültürel Kaynakları, (yayımlanmamış doktora tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul. S.88, 2018.
- [8] DOĞAN, H. OECD Ülkelerinin İnovasyon Performanslarının Critic Temelli Ocra Yöntemiyle Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.28, S.1, s.35-54, 2023. (OECD-Eurostst, 2005: 29-46)
- [9] Titiz, T. Aklın Yolu 1+n, (Buluşçuluk temelli üretim), Beyaz yayınları. 3. Basım 2010. [https://tinaztitiz.com/dosyalar/Cesitli\\_konular/aklin\\_yolu-edit2.1.pdf](https://tinaztitiz.com/dosyalar/Cesitli_konular/aklin_yolu-edit2.1.pdf) 1 (Erişim: 25 Ocak 2024)
- [10] Çengel, Y. Temel Bilim Eğitiminde Alarm Zilleri <https://www.yunuscengel.com/temel-bilim-egitiminde-alarm-zilleri/> (Erişim: 19 ocak 2024)
- [11] Işık, N., Kılıç, E. C. İnovasyon Sistemi Yaklaşımı ve İnovasyon’un Coğrafyası: Türkiye Örneği, Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi, Cilt: VII Sayı: 1, 2012. ( DPT, 2000: 9-10)
- [12] Şen, Z. Mühendislikte Felsefe, Mantık, Bilim Ve Etik, TÜBİTAK Yayınları, 2016



## CURRICULUM VITAE

### Osman Çakmak, Prof. Dr.

Osman Çakmak completed his primary and secondary education in the village-town where he was born (Başören - Delilyas) and his high school in Sivas High School. He completed his undergraduate (1982) and graduate studies in organic chemistry at Atatürk University, Department of Chemistry (1990). He finished first in the schools and departments he graduated. He participated in postdoctoral studies in Germany (A. Von Humboldt Fellowship; 1992, 1999, 2002). He became associate professor in 1992 and professor in 1998. He worked as a research visiting scientist in England (1998), USA (2011) and TÜBİTAK MAM (1997). He worked as a coordinator or academic advisor in many University (BAP) and TÜBİTAK supported research projects.

He started his academic career at Atatürk University (1984) and continued at Tokat Gaziosmanpaşa University (1993) and Yıldız Technical University (2013). After his retirement from Yıldız Technical University, he worked full-time and part-time in different foundation universities. He held founding administrative positions in the universities (Tokat GOÜ, YÜ -Yalova, İGÜ -İstanbul; İRÜ -İstanbul).

He worked as a scientific consultant for R&D purposes in different institutions and as an educational consultant in schools; took part in social projects. He is an educational writer in the fields of education (vocational education, R&D and university) and a science writer in popular science fields. He has numerous international and national scientific publications. [Çakmak Osman - Google Akademik](#)





# IN A MACHINE MANUFACTURING FACTORY LEAN MANUFACTURING - 5S APPLICATION

Tolga KABAN<sup>1</sup>, Saime TAPHASANOĞLU<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Özçelik Makina A.Ş.

[tolgakaban@gmail.com](mailto:tolgakaban@gmail.com), ORCID: 0009-0007-7951-8898

<sup>2</sup> İstanbul Rumeli Üniversitesi

[saime.taphasanoglu@rumeli.edu.tr](mailto:saime.taphasanoglu@rumeli.edu.tr), ORCID: 0000-0002-1280-8387

## ÖZET

Yalın üretim, temelde süreçlerde varolan israfları yok etmek ve sürekli olarak sistem verimliliğini artırmak üzerine kurgulanmış bir imalat tekniği yaklaşımıdır. Toyota Üretim Sistemi'nin babası olarak adlandırılan Taiichi Ohno, israfı "kaynak harcayan ancak bir değer olarak geri dönüşü olmayan bir faaliyet" olarak tariflemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yalın Üretim, 5S Uygulamaları, Yalın Düşünce, Kaizen, Makine İmalatı

## ABSTRACT

Lean manufacturing is a manufacturing technique approach that is fundamentally based on eliminating waste in processes and continuously improving system efficiency. Taiichi Ohno, who is called the father of the Toyota Production System, defined waste as "an activity that consumes resources but does not return as a value".

**Keywords:** Lean Production, 5S Apps, Lean Thinking, Kaizen, Machine Manufacturing

## 1 INTRODUCTION

In today's technology-driven environment of boundless and competitive competition, cost reductions and increases in quality ratios have become imperative, focusing on the points of cost and quality. Lean production refers to processes, principles, strategies, and implementations aimed at reducing tasks, processes, and attitudes, whether necessary or unnecessary, carried out by companies worldwide in the workspace [1].

## 2. LITERATURE REVIEW

Literature review results regarding lean production and 5S indicate that, in addition to the manufacturing sector, numerous applications have been implemented in the service sector as well. In these applications, it is observed that different lean tools and 5S techniques are used in appropriate ways. In the economic environment in which the Japanese fell into after the World War II, the "Lean Production" approach emerged [5]. The foundations of the lean production and management system were first laid in the Japanese Toyota company in the 1950s under the leadership of engineer Eiji Toyota, one of the members of the Toyota family, and his colleague engineer Taiichi Ohno, with whom he worked [2].

## 3. LEAN PRODUCTION



The importance of lean manufacturing principles, which were first applied by Toyota, was realized by other Japanese companies after the 1971 oil crisis and lean manufacturing became a philosophy used throughout the country. We can basically divide the lean production philosophy into four steps. We can define these basics as zero scrap, error-free product for the first time, flexible production lines and continuous development [1].

### 3.1 5S

5S is a system used to establish both simplicity and discipline in businesses, ensuring control over the smallest details of the operation, and forming the foundation for other improvement initiatives Taiichi Ohno, who is called the father of the Toyota Production System, has described waste as “an activity that consumes resources but is irreversible as a value”. In other words, they are activities that do not create value, but impose a burden on the system at a cost. Hay, on the other hand, defined waste as "everything that needs to be done to create value for a product other than the minimum amount of hardware, materials and labor resources" [3].

5S consists of 5 Japanese words starting with the letter 'S': Seiri, Seition, Seiso, Seiketsu and Shitsuke [7]. The number and quantity of parts required at the Seiri (classification) stage are determined in the most effective way so as not to lead to unnecessary accumulation of goods. At the seition (arrangement) stage, decisions are made about whether storage settlements should be centralized or dispersed. At the Seiso (cleaning) stage, removing information or documents about the past from the environment is to prevent confusion. In this way, problems will be prevented and opportunities for their re-occurrence will not be given. In order to ensure sustainability at the Seiketsu (standardization) stage, standards are set to make things better, and a business structure is created that can easily be taken over by another employee on the day an employee does not arrive [6]. Thus, the time and effort lost due to the error rate and repair with machines that work for a longer period of time is minimized [4].

## 4. APPLICATION

ÖZÇELİK company, where 5S applications are implemented, manufactures specialized machines for processing industrial products such as Aluminum and PVC profiles, aluminum composite panels, and steel profiles in the Aluminum and PVC profile processing field. In the company, parts produced in the tooling workshop, aluminum injection machines, machining, coil winding workshop, paint shop, laser, CNC, and bending workshops are assembled to produce machines.

Upon completion of training, the first step of 5S, the sorting process, was initiated with the participation of all factory employees. A general briefing on the assembly lines, which is the initial starting point of the project, and a red card (shown in Figure 1) filling activity aimed at informing everyone and encouraging their contributions to the process were carried out.

Özçelik 5S KIRMIZI ETİKET Ser No: 00001

Ad Soyad: \_\_\_\_\_  
İsim: \_\_\_\_\_  
Kod: \_\_\_\_\_

Malzeme Türü

<input type="checkbox"/> Çelik / Steel	<input type="checkbox"/> Çelik / Steel	<input type="checkbox"/> Krom / Chrome
<input type="checkbox"/> Alüminyum / Aluminum	<input type="checkbox"/> Çelik / Steel	<input type="checkbox"/> Çelik / Steel
<input type="checkbox"/> Çelik / Steel	<input type="checkbox"/> Çelik / Steel	<input type="checkbox"/> Çelik / Steel
<input type="checkbox"/> Çelik / Steel	<input type="checkbox"/> Çelik / Steel	<input type="checkbox"/> Çelik / Steel

Sorular / Sorular

Sorular / Sorular	Evet / Yes	Hayır / No
Sorular / Sorular	Evet / Yes	Hayır / No
Sorular / Sorular	Evet / Yes	Hayır / No

Sorular / Sorular

Sorular / Sorular	Evet / Yes	Hayır / No
Sorular / Sorular	Evet / Yes	Hayır / No
Sorular / Sorular	Evet / Yes	Hayır / No

Figure 1. 5S Red Label



## 5. CONCLUSION AND EVALUATION

Within the scope of this study, production lines in a manufacturing facility were addressed. Utilizing the 5S method from lean production techniques, the objectives were to enhance employee motivation and efficiency, eliminate unnecessary materials and stocks from the production lines, streamline processes and company structure as much as possible, minimize time losses, and institutionalize this culture as part of the company culture. The results of the study are significant in terms of integrating theoretical knowledge with practical implementation.

While lean production initiatives are long-term endeavors, initial results indicate positive effects on both the personnel and factory visits in the organized areas of the assembly lines where the implementation has started. An increase in motivation among employees has been observed. As employees begin to perform their tasks in a more orderly and organized environment, they also start to alleviate the unnecessary stress and energy loss they experienced.

## LITERATURE

- [1]. Demirkır, M. 'Yalın Üretim ve Lastik Sektöründe Bir Uygulama' Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, 2008.
- [2] Harry, M. J., & Mann, P. S., De Hodgins, O. C., & Hulbert, R. L., & Lacke, C. J. 'Practitioner's Guide to Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements', John Wiley & Sons, 2010.
- [3] Hirano, H. '5 Pillars of The Visual Workplace, Productivity Pres. Portland Oregon, 1990.
- [4] Kaymakci, Ö. 'Bir PTT Şubesinde Yalın Üretim - 5S Uygulaması, 2012.
- [5] Okur, S. '2000'li Yıllarda Sanayi İçin Yapılanma Modeli Yalın Üretim', 2005.
- [6] Pheng, L. S. 'Towards TQM – Integrating Japanese 5-S Principles with ISO 9001:2000 Requirements' The TQM Magazine, 2001.
- [7] Uslu, H. C. 'Yalın Üretim Teknikleri Ve Karşılaşılan Problemler', 2022.

## CURRICULUM VITAE

### **Tolga, KABAN, Production Manager**

Tolga Kaban was born in 1989 in Istanbul. He graduated from Gaziantep University, Department of Mechanical Engineering in 2015. While continuing his business life, he received the International Welding Engineering certificate from Gedik Education Foundation in 2018. He completed his master's degree in Engineering Management at Istanbul Medeniyet University in 2023. He continues his business life as Production Manager in the company where he did his article studies.

### **Saime, TAPHASANOĞLU, R&D Manager**

Saime Taphasanoğlu was born in Elbistan in 1970. She graduated from Istanbul Technical University Industrial Engineering Department in 1991. While continuing her business life, she completed her master's degree in Industrial Engineering at ITU in 1996. In 2020, she received the title of Doctor Industrial Engineer from Kocaeli University Graduate Institute, Department of Industrial Engineering. Currently, she continues to work as an R&D Manager and Total Quality Management consultant at CSM Metallurgy. At the same time, she is also a Doctor at the Department of Industrial Engineering of Istanbul Rumeli University. She works as a Faculty Member.



## ADVANCE OF BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN RENEWABLE ENERGY USE WITH ELECTRIC CARS

İrfan SARIYILDIZ<sup>1</sup>, Mehtap KÖSE ULUKÖK<sup>2</sup> Vesile EVRİM<sup>3</sup>

<sup>1\*</sup> Department of Computer Engineering, European University of Lefke, Lefke, Northern Cyprus TR-10, Mersin 99010 , Turkey ,  
Department of Computer Engineering, Cyprus Science University, Ozanköy, Northern Cyprus TR-10, Mersin 99320, Turkey  
irfansariyildiz@csu.edu.tr, ORCID: 0009-0007-3938-6923

<sup>2\*</sup> Department of Software Engineering, Cyprus Science University, Ozanköy, Northern Cyprus TR-10, Mersin 99320, Turkey  
mehtapulukok@csu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4335-483X

<sup>3\*</sup> Department of Computer Engineering, European Univeristy of Lefke, Lefke, Northern Cyprus TR-10, Mersin 99010 , Turkey  
vevrin@eul.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7733-5229

### ÖZET

Günümüzde, dünya fosil yakıt kaynaklarının hızla tükenmesi ve çevre kirliliğinin artmasına bağlı olarak fosil yakıtlı araçların elektrikli araçlar ile hızlı bir şekilde yer değiştirmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu değişimin ortaya çıkardığı elektrikli araç bataryalarının sürekli doldurulması için gereken altyapı kapsamında elektrik şarj istasyonları kurulmuş ve kurulmaya devam edilmektedir. Araçların hareketli olması ve dağıtık yapıda bulunması nedeniyle sistemin merkezi bir yapıda yönetilmesi yerine merkeziyetsiz bir yapıda yönetilmesinin daha verimli ve etkin kullanıma yol açacağı açıktır.

Bu çalışmada, küçük ölçekli bir çerçevede elektrikli araç şarj istasyonlarınca elektrikli araçların şarjı sonucunda ortaya çıkan şarj süresi, tüketilen elektrik miktarı (KW), ödeme ve kullanıcı bilgileri gibi verilerin blokzincir teknolojisi kullanılarak güvenli ve merkezi olmayan bir yapıda nasıl işlenebileceğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.

Elektrikli araç şarj sistemi kullanım bilgilerinin güvenilir ve merkeziyetsiz bir şekilde depolanması işlemi için yapılan bu çalışmada, blokzincir teknolojisi ile uzlaşma algoritması olarak Raft konsensus algoritmasının özelleştirilmiş bir modeli tasarlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Blokzincir teknolojisi, uzlaşma algoritmaları, yenilenebilir enerji, sıfır emisyon arabalar

### ABSTRACT

Nowadays, due to the rapid depletion of world fossil fuel resources and increasing environmental pollution, the rapid replacement of fossil fuel vehicles with electric vehicles has become inevitable. Electric charging stations have been established and continue to be established within the scope of the infrastructure required for the continuous charging of electric vehicle batteries resulting from this change. Since the vehicles are mobile and have a distributed structure, it is clear that managing the system in a decentralized structure instead of managing it in a central structure will lead to more efficient and effective use.

In this study, it is aimed to show how data such as charging time, amount of electricity consumed (KW), payment and user information resulting from the charging of electric vehicles by electric vehicle charging stations in a small-scale framework can be processed in a secure and decentralized structure using blockchain technology.



In this study, which was carried out for the reliable and decentralized storage of electric vehicle charging system usage information, a customized model of the Raft consensus algorithm was designed as a consensus algorithm with blockchain technology.

**Keywords:** Blockchain technology, consensus algorithms, renewable energy, zero-emission cars

## 1 INTRODUCTION

The rapid development of technology and the sharing of information at an unprecedented speed and level have brought security and efficiency to the fore in the transmission and storage of digital data. Due to these developments, data exchange has begun to require global and decentralized structures instead of traditional and local structures. To meet this need, the newest and most advanced technological development is blockchain technology, which is constantly evolving today and many applications have been developed and continue to be developed. This newly developing technology also has a significant potential in protecting the green environment and reducing carbon footprint. One of the technological developments that is expected to make a significant contribution to reducing the carbon footprint that the whole world is trying to reduce is electric vehicles. However, one of the most important problems of this newly introduced electric vehicle technology is the frequent charging of the batteries. Battery charging needs, which vary depending on vehicle range, are currently provided by public charging stations with the help of mobile applications, unlike traditional gas stations. This situation makes it necessary to record the charging process required by electric vehicles in a distributed and global structure. The prominent technology for distributed and global records management and operation is blockchain technology due to its distributed nature and security features.

Blockchain technology began with the publication of a whitepaper on Bitcoin (a peer-to-peer electronic cash system) in 2008 by an anonymous person or group of researchers. With this new technology, secure and decentralized data exchange between two parties can be achieved by using cryptographic hash functions. The backbone of the electronic cash system technology that constitutes the Bitcoin system is the Proof of Work (PoW) consensus algorithm, which provides transaction verification with a hybrid puzzle that can be solved using cryptographic transactions. The PoW consensus algorithm has become one of the most popular consensus algorithms among researchers and users working in the field, due to its difficult-to-solve cryptographic hash puzzle and its features that enable secure and decentralized storage and transfer of data in different fields. Although there are certain advantages to using digital signatures that only consume less energy in cash flow, the problem of double spending cannot be prevented without a technology such as blockchain. Blockchain technology has been proposed as a solution to this problem, although its energy consumption is higher than that of digital signature. Blockchain is also effective in preventing the duplication and modification of data through the crypto hash structure used in the creation of the Merkel tree and subsequent transactions. In addition, with the widespread use of peer-to-peer electronic cash system in the blockchain structure working with digital signature, people's need for the traditional banking system in their monetary transactions will decrease or disappear [1].

However, some systems have begun to be created to disrupt the decentralized structure of the blockchain system. One of these is the structures called mining pools, where users create a monopoly by combining their powers. Small miners tend to band together, as miners joining forces are more profitable than miners trying to solve transactions on their own. Thanks to these structures, a centralized structure is created in which the pool manager largely directs the activities of the pool [2]. By using the filtering method, consensus can be achieved to eliminate the presence of such globally and locally limited non-rational actors [3]. CHB-consensus and CHBD-consensus algorithms were also developed based on the hash algorithm. These protocols prevent the decentralized structure from turning into a centralized structure by preventing dishonest miners from needing additional processing power to create blocks [4]. Another algorithm in this regard is the Proof of Age consensus algorithm. The basis of this algorithm is based on the Working Age (AoW) algorithm, which is used to measure the effective mining periods that miners devote to maintaining the security of the blockchain in order to deter pool mining.





The miner still earns from the Proof of Age protocol even if he cannot complete a block. This encourages individual participation by reducing participation in the pool [5]. Algorithm development processes continue to prevent this and ensure a fair mining process.

If blockchain is used in different business areas, parameters such as the PoW difficulty level and the number of miners can be adjusted according to quality of service (QoS) requirements [6]. Another algorithm that works by adjusting parameters is the Forkless Hybrid consensus algorithm, also known as Flexible PoA, which is created by using Proof of Activity. Thanks to its adjustable parameters, it increases the efficiency and QoS of the blockchain system [7]. Many consensus algorithms, unlike consensus algorithms such as PoW and PoS, are being developed within the scope of QoS, efficiency and reliability [8, 9]. Another algorithm is the Post-Quantum Proof-of-Work (PQ-PoW) algorithm, which uses probabilistic digital signature instead of hash encryption in digital signature, which aims to perform the transaction more efficiently by reducing the difficulty level of PoW [10]. Another algorithm recommended as more efficient than PoW is the Green-PoW algorithm. This algorithm can save up to 50% of the total energy used during mining compared to the classical PoW algorithm [11]. Despite many studies on blockchain technology to date, the benefits of blockchain are not yet fully understood [12].

One of the different areas where blockchain can be used is the Internet of Things (IoT). Failure to establish reliable alliances due to fraud, cybercrime and increased regulations in the Cloud, Fog and Edge structure poses an obstacle to industrial growth. Reliable, more flexible, faster product innovations, closer ties with customers, and faster IoT and cloud computing technology integration are all possible with blockchain technology [13, 14]. However, the processor power of IoT systems is limited, and the processor power requirement of the classical PoW algorithm is large compared to the IoT power. To address this obstacle in IoT devices, Twin Miner (MinT) architecture and Proof of Behavior (PoB) algorithm have been developed to identify dishonest miners in the IoT environment [15,16].

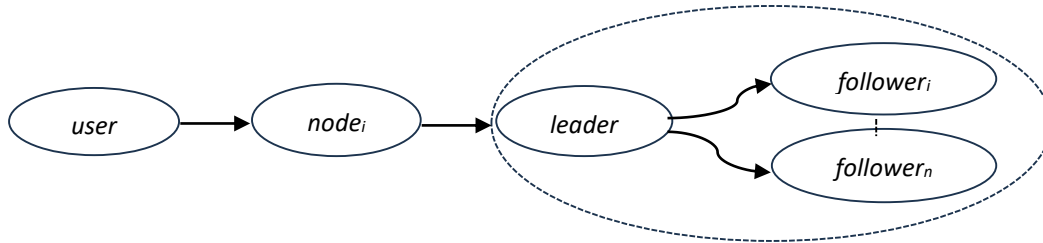
Scalability is another problem area that may prevent the use of blockchain in different areas. Production, networking, number of transactions, block interval time, data storage and transmission are among the current scalability issues [17]. One of the studies on the scaling problem is the sharding-based blockchain SSChain consensus algorithm. This is a unique structure that makes it easy to break down the process and state. It eliminates the need for data migration overhead by allowing nodes to join shards without reorganizing the network. This creative solution is an important step towards solving the scalability problem of blockchain technology [18]. Another effort to solve the scalability issue regarding throughput and latency is the HTNZ protocol. It aims to provide a solution to scaling by changing the block system in the blockchain structure [19]. Another solution could be the OHIE protocol, which provides 20 times better decentralization and linear scalability with available bandwidth compared to previous studies [20]. Bitcoin-Next Generation (NG) is a scalable blockchain protocol that increases scalability without causing network degradation [21].

Security, decentralized management, openness, immutability, distributed ledger, peer-to-peer network communication and irreversibility, which have an important place and form an important part of the blockchain system, are some of the important features. Blockchain technology provides a standard for big data and facilitates the protection of copyright forms and confidential materials by securely storing large amounts of data in a secure cryptographic layer [22]. One of the protocols developed for security is the SPECTER protocol. The SPECTER protocol can provide security to the blockchain system that can withstand attacks of up to 50% of the processing power [23]. Another security-related threat is Application Specific Integrated Circuit (ASIC) processors developed to disrupt the distributed structure of the system. ASIC disrupts a fair distributed system by quickly solving the hash puzzle used in the PoW algorithm. In order to prevent this, studies are being carried out on algorithms with parameters that require memory usage, and research continues on methods that will increase personal security [24, 25]. Blockchain technologies such as Bitcoin-NG are susceptible to sophisticated mining attacks that deliberately miss microblocks to increase their chances of winning by mining more [26].

Another study similar to these studies is the Proof of Optimal Power Flow (PoOPF) protocol, which is planned to be used in the control of independent power grid nodes. This protocol can eliminate the need for a central authority by securely storing subsequent iterations on the blockchain even when there is no prior trust [27].

## 2. THE BLOCKCHAIN TECHNOLOGY AND CONSENSUS ALGORITHMS

One of the main issues with blockchain technology is consensus algorithms. Numerous publications examine how threat models for blockchains perform. However, there appears to be a lack of focus on network stability, which has an impact on blockchain performance. Consensus algorithms are crucial for large-scale software systems. The Raft consensus algorithm, developed using strategies like state space reduction and decomposition, aims to improve understandability by minimizing nondeterminism and inconsistent servers. Raft, developed by Diego Ongaro and John Ousterhout, is a distributed consensus algorithm that, given the same assumptions, offers the same guarantees as Multi-Paxos but is easier to grasp thanks to its intuition-focused methodology and safety proof.



**Figure 1.** The system diagram with Raft consensus algorithm

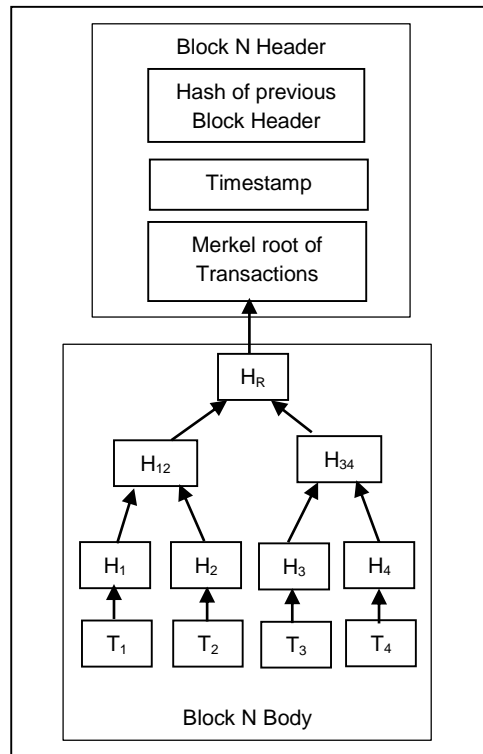
Raft is a consensus algorithm for managing a replicated ledger at every node. It divides time into finite duration terms, with each term beginning with an election. If a candidate wins, then it serves as a leader for the rest of the term. The process is called leader election, where a follower becomes a candidate if they don't hear from the leader for a certain period. In normal operation, there is only one leader, and all transactions go through the leader, adding them as block entries in the follower's ledger [28].

In this study, a small-scale framework is aimed to be demonstrated to show how data generated by electric vehicle charging stations, such as charging time, consumed electricity (KW), payment, and user information, can be processed securely and in a decentralized manner using blockchain technology with the use of Raft consensus algorithm. The proposed electric vehicle charging stations system diagram with Raft consensus algorithm is shown in Figure 1. There might be several nodes and several follower nodes, but there is only one leader and a leader candidate in the system. The leader candidate is a follower which has the most recent blocks in its chain.

**Table 1.** Data stored in each transaction.

Field	Definition
User Information	Account details
Charging Date&Time	Timestamp info
Consumed Electricity	Amount of KW used
User Signature	Digital signature
Charge station ID	Used station

The fields of a transaction from nodes to the leader are listed in Table 1. Each node in the system represents a charge station and user account information such as charging time, consumed electricity (KW), payment, charge station information, and user information is sent as transaction data to the leader. Each node in the system sent single transaction to the leader and the leader creates block and sent the replica to its follower/followers.



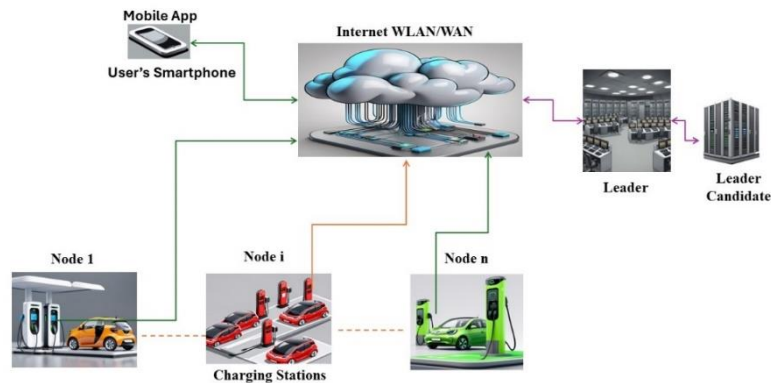
**Figure 2.** The structure of blocks in blockchain

where H represents cryptographic hash function, T1, T2, T3, T4 represents transactions from nodes to the leader. The first block is known as the Genesis block, and as it comes first in the chain. The hash value of the prior block is equal to zero. Thousands of transaction records, each coded by a hash function before being broadcast to the network, can be found in a single block. The Merkle tree function is used to generate the final hash value as a hash pointer. Merkle trees are data structures that resemble hash trees and are used to store transactions in binary tree format as shown in Figure 2.

#### 4. ARCHITECTURE OF RENEWABLE ENERGY CHARGE STATIONS USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

Unquestionably, one of the biggest technologies with a bright future is blockchain technology. While the cryptocurrency Bitcoin was the initial use of blockchain technology, the government and business sectors have also become interested in other uses of this technology. 10% of the world's GDP will be stored on blockchain by 2027, according to a survey conducted by the Forum for Economic Forum in 2015.

The use of electrical cars is one of the trendy topics in today's industry. Together with the development in renewable energy systems, electrical cars may lead to more carbon free and green environments. Therefore, the need to use public renewable energy charge stations will get high attention. In this study, a decentralized management of public renewable energy charge stations is aimed to be solved with recently developed technology of blockchain. The architecture of the proposed system consisting of several nodes as charge stations, leader, leader candidate or several followers as illustrated in Figure 3.



**Figure 3.** The architecture of electric car charging system on blockchain

Electrical vehicles appointments to the charge stations can be managed using a mobile application software. The users of the charge stations can be allowed to use them according to the verified scheduling and the completed charge processes are sent to the leader by each node. The replica of blocks created by the leader is shared with the candidate leader/followers according to the Raft algorithm.

## 5. CONCLUSION AND EVALUATION

In this study, a system design was made that will set an example for the application of blockchain technology in the efficient, effective, and safe operation of the electric vehicle charging system. The RAFT algorithm was chosen because it is lower in energy consumption and hardware requirements than other consensus algorithms (PoW and PoS algorithms) and provides the fastest structural compromise for the electric vehicle charging system. The decentralized, adaptable nature of this system, enabled by blockchain, will make it easier to add new charging stations and hubs. In addition, uninterrupted and reliable continuity of the proposed system will be ensured. Undoubtedly, such research will increase in the near future and it is clear that blockchain technology will lead to significant new developments in this field.

## LITERATURE

- [1] S. Nakamoto, "Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System." [Online]. Available: [www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org)
- [2] A. Miller, A. Kosba, J. Katz, and E. Shi, "Nonoutsourcable scratch-off puzzles to discourage bitcoin mining coalitions," in Proceedings of the ACM Conference on Computer and Communications Security, Association for Computing Machinery, Oct. 2015, pp. 680–691. doi: 10.1145/2810103.2813621.
- [3] Y. Shang, "Hybrid consensus for averager–copier–voter networks with non-rational agents," Chaos Solitons Fractals, vol. 110, pp. 244–251, May 2018, doi: 10.1016/j.chaos.2018.03.037.
- [4] L. Yu, X. fang Zhao, Y. Jin, H. yi Cai, B. Wei, and B. Hu, "Low powered blockchain consensus protocols based on consistent hash," Frontiers of Information Technology and Electronic Engineering, vol. 20, no. 10, pp. 1361–1377, Oct. 2019, doi: 10.1631/FITEE.1800119.
- [5] L. Shi, T. Wang, J. Li, S. Zhang, and S. Guo, "Pooling is not Favorable: Decentralize Mining Power of PoW Blockchain Using Age-of-Work," IEEE Transactions on Cloud Computing, vol. 11, no. 3, pp. 2756–2769, Jul. 2023, doi: 10.1109/TCC.2022.3226496.
- [6] J. Yun, Y. Goh, and J.-M. Chung, "Analysis of Mining Performance Based on Mathematical Approach of PoW."
- [7] Z. Liu, S. Tang, S. S. M. Chow, Z. Liu, and Y. Long, "Fork-free hybrid consensus with flexible Proof-of-Activity," Future Generation Computer Systems, vol. 96, pp. 515–524, Jul. 2019, doi: 10.1016/j.future.2019.02.059.



- [8] S. M. H. Bamakan, A. Motavali, and A. Babaei Bondarti, "A survey of blockchain consensus algorithms performance evaluation criteria," *Expert Systems with Applications*, vol. 154. Elsevier Ltd, Sep. 15, 2020. doi: 10.1016/j.eswa.2020.113385.
- [9] J. Pan, Z. Song, and W. Hao, "Development in Consensus Protocols: From PoW to PoS to DPoS," in *Proceedings - 2021 2nd International Conference on Computer Communication and Network Security, CCNS 2021*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jul. 2021, pp. 59–64. doi: 10.1109/CCNS53852.2021.00020.
- [10] B. Mi, Y. Weng, D. Huang, Y. Liu, and Y. Gan, "A novel PoW scheme implemented by probabilistic signature for blockchain," *Computer Systems Science and Engineering*, vol. 39, no. 2, pp. 265–274, 2021, doi: 10.32604/csse.2021.017507.
- [11] N. Lasla, L. Al-Sahan, M. Abdallah, and M. Younis, "Green-PoW: An energy-efficient blockchain Proof-of-Work consensus algorithm," *Computer Networks*, vol. 214, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.comnet.2022.109118.
- [12] M. Belotti, N. Božić, G. Pujolle, and S. Secci, "A Vademecum on Blockchain Technologies: When, Which, and How," *IEEE Communications Surveys and Tutorials*, vol. 21, no. 4, pp. 3796–3838, Oct. 2019, doi: 10.1109/COMST.2019.2928178.
- [13] Institute of Electrical and Electronics Engineers and IEEE Technology and Engineering Management Society, 2017 IEEE Technology and Engineering Management Conference (TEMSCON).
- [14] E. K. Wang, Z. Liang, C. M. Chen, S. Kumari, and M. K. Khan, "PoRX: A reputation incentive scheme for blockchain consensus of IIoT," *Future Generation Computer Systems*, vol. 102, pp. 140–151, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.future.2019.08.005.
- [15] Q. Qu, R. Xu, Y. Chen, E. Blasch, and A. Aved, "Enable Fair Proof-of-Work (PoW) Consensus for Blockchains in IoT by Miner Twins (MinT)," *Future Internet*, vol. 13, no. 11, Nov. 2021, doi: 10.3390/FI13110291.
- [16] D. Das, "Toward Next Generation of Blockchain Using Improved Bitcoin-NG," *IEEE Trans Comput Soc Syst*, vol. 8, no. 2, pp. 512–521, Apr. 2021, doi: 10.1109/TCSS.2021.3049477.
- [17] J. Xie, F. R. Yu, T. Huang, R. Xie, J. Liu, and Y. Liu, "A Survey on the Scalability of Blockchain Systems," *IEEE Netw*, vol. 33, no. 5, pp. 166–173, Sep. 2019, doi: 10.1109/MNET.001.1800290.
- [18] H. Chen and Y. Wang, "SSChain: A full sharding protocol for public blockchain without data migration overhead," *Pervasive Mob Comput*, vol. 59, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.pmcj.2019.101055.
- [19] N. Sohrabi and Z. Tari, "On the Scalability of Blockchain Systems," in *Proceedings - 2020 IEEE International Conference on Cloud Engineering, IC2E 2020*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Apr. 2020, pp. 124–133. doi: 10.1109/IC2E48712.2020.00020.
- [20] H. Yu, I. Nikolic, R. Hou, and P. Saxena, "OHIE: Blockchain scaling made simple," in *Proceedings - IEEE Symposium on Security and Privacy*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., May 2020, pp. 90–105. doi: 10.1109/SP40000.2020.00008.
- [21] J. Yin, C. Wang, Z. Zhang, and J. Liu, "Revisiting the incentive mechanism of Bitcoin-NG," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Springer Verlag, 2018, pp. 706–719. doi: 10.1007/978-3-319-93638-3\_40.
- [22] A. S. Rajasekaran, M. Azees, and F. Al-Turjman, "A comprehensive survey on blockchain technology," *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 52, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.seta.2022.102039.
- [23] Y. Sompolinsky, Y. Lewenberg, and A. Zohar, "SPECTRE: Serialization of Proof-of-work Events: Confirming Transactions via Recursive Elections."
- [24] W. Ren, J. Hu, T. Zhu, Y. Ren, and K. K. R. Choo, "A flexible method to defend against computationally resourceful miners in blockchain proof of work," *Inf Sci (N Y)*, vol. 507, pp. 161–171, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.ins.2019.08.031.
- [25] Q. Feng, D. He, S. Zeadally, M. K. Khan, and N. Kumar, "A survey on privacy protection in blockchain system," *Journal of Network and Computer Applications*, vol. 126. Academic Press, pp. 45–58, Jan. 15, 2019. doi: 10.1016/j.jnca.2018.10.020.
- [26] T. Wang, X. Bai, H. Wang, S. C. Liew, and S. Zhang, "Game-Theoretical Analysis of Mining Strategy for Bitcoin-NG Blockchain Protocol," *IEEE Syst J*, vol. 15, no. 2, pp. 2708–2719, Jun. 2021, doi: 10.1109/JSYST.2020.3004468.
- [27] M. Foti, C. Mavromatis, and M. Vavalis, "Decentralized blockchain-based consensus for Optimal Power Flow solutions," *Appl Energy*, vol. 283, Feb. 2021, doi: 10.1016/j.apenergy.2020.116100.





[28] D. Huang, X. Ma, and S. Zhang, "Performance Analysis of the Raft Consensus Algorithm for Private Blockchains," *IEEE Trans Syst Man Cybern Syst*, vol. 50, no. 1, pp. 172–181, Jan. 2020, doi: 10.1109/TSMC.2019.2895471.

## CURRICULUM VITAE

### **İrfan, SARIYILDIZ, PhD.**

He was born in Kırşehir in 1972. He graduated from Kuleli Military High School in 1991, and War Academy in 1995 with the title of System Engineer. He received a Master's Degree (Dipl.-Ing.) titles from the International Relations of the Beykent University in 2005. He received the Master Engineer (Dipl.-Ing.) title from the Computer Information Technology of the Beykent University in 2006. After retiring from the army as a colonel he started his PhD study at the European University of Lefke in 2022.

### **Mehtap, KÖSE ULUKÖK, Assoc.Prof.Dr.**

She was born in İstanbul in 1975. She graduated from Faculty of Computer Engineering, Eastern Mediterranean University in 1998 with the title of Computer Engineer. She received the Master Engineer (Dipl.-Ing.) and Doctor Engineer (Dr.-Ing.) titles from Computer Engineering of Eastern Mediterranean University in 2000 and 2009, respectively.

More than 20 national and international articles and conference papers have been published.

### **Vesile, EVRİM, Asst.Prof.Dr.**

Vesile Evrim is currently an Assistant Professor in the Department of Software Engineering at the European University of Lefke. She received her Ph.D. and M.S. degrees in Computer Science from University of Southern California in 2009 and 2003 and M.S. and B.S. degrees in Applied Mathematics and Computer Science from Eastern Mediterranean University in 1999 and 2001. Her research interests include customized information retrieval, event-based summarization, recommender systems.



## A CELLULAR MANUFACTURING APPLICATION

Hatice GÜNER<sup>1</sup>, Ali Rıza GÜNER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>\* İstanbul Rumeli University  
hatice.guner@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-4221-9495  
<sup>2</sup>\* İstanbul Rumeli University  
ali.guner@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8338-928X

### ABSTRACT

Cellular production is the separation of a production system into independent subsystems and rapid adaptation of the subsystems to the overall system through an effective operation. This study presents a cellular production model for businesses in the garment industry. The production process of nine different products in a clothing company was examined, and machine and product family groups were created. The proposed cellular structure was evaluated by grouping efficiency, machine utilization rate, and intercellular flow efficiency.

**Keywords:** Cellular manufacturing, textile workshop, group technology

### ÖZET

Hücreyel üretim, bir üretim sisteminin bağımsız alt sistemlere ayrılması ve alt sistemlerin etkin çalışmasıyla genel sisteme hızlı uyum sağlamasıdır. Bu çalışma, hazır giyim sektöründeki işletmeler için bir hücreyel üretim modeli sunar. Hazır giyim üreten bir işletmede dokuz farklı ürünün üretim süreci incelenmiş ve makine ve ürün ailesi grupları oluşturulmuştur. Önerilen hücreyel yapı, gruplama etkinliği, makine kullanım oranı ve hücreler arası akış etkinliği gibi faktörlerle değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Hücreyel imalat, tekstil atölyesi, grup teknolojisi

### 1 INTRODUCTION

Competition in the textile industry requires fast delivery of low-cost and high-quality products. Therefore, businesses should use more flexible, effective, and efficient production systems. Production systems include materials, machines, people, methods, and environmental elements to perform operations that add economic value to a certain amount and type of input. The outputs of these systems are semi-finished or finished products. Manufacturing systems are divided into four groups: continuous, job shop, project, and cellular manufacturing. The different features of these systems are seen in areas such as machine and product types, process design, setup time, stock levels, and lead times.

A workshop using group technology consists of production cells. Each production cell is a small system where parts with similar production and shape characteristics are produced. These cells contain various numbers and types of machines and material transmission elements. This way, production machines performing similar tasks can be distributed to different cells. The primary motivation for cellular manufacturing is to transfer the advantages of an efficient and easily controlled small system to an extensive system.

With the increasing needs of consumers, the addition of new products every day by manufacturers in the production environment, problems such as complex rotations, increasing stocks in the process, inconsistent machine usage, and the need for frequent adjustments have arisen. Group technology (GT) simplifies production by reducing problems and increasing flexibility and productivity. Cell manufacturing



brings the advantages of small and effective systems to extensive systems. However, labor costs and equipment problems face difficulties in the transition process. In this study, the degree sorting and clustering algorithm was examined, cells were created using data from a textile workshop, and the effectiveness of these cells was tested.

## 2. METHODOLOGY

In group technology and cellular manufacturing configuration studies, all parts are grouped by their families; then, the machines are grouped into manufacturing cells. In the design of cellular manufacturing systems, the division of cells in all production systems is a significant problem. When the number of machines, types, capacities, and types of parts are produced, each part's number and route information is known, and which machines and their related parts will be grouped to form cells [1].

### 2.1. The Rank Ordering and Clustering (ROC) Algorithm:

One of the most common methods used in cell creation applications is the ranking and clustering (ROC) algorithm. This algorithm was developed by King [2] and follows the following steps:

- Step 1.** Step 1. First, a machine-part relationship binary matrix ( $b_{ij}$ ) of size  $n \times m$  is created, where  $n$  is the number of parts and  $m$  is the number of machines.
- Step 2.** The rank of each line  $\sum_{i=1}^m b_{ij} * 2^{m-j}$  is calculated by the process.
- Step 3.** Calculated row grades are sorted as follows.
- Step 4.** Each column's degree  $\sum_{j=1}^n b_{ij} * 2^{n-1}$  is calculated by the process of the column.
- Step 5.** Calculated column degrees are sorted as follows.
- Step 6.** If there is a difference in Steps 3 and 5, return to Step 2. When there is no difference, the algorithm is stopped.

## 3. APPLICATION AND FINDINGS

The application was carried out in a factory producing military clothing products. The factory faces various challenges, from receiving large orders to using special and general-purpose machines to production with unskilled labor. The company's production system adopts a structure where machines are placed in workshop type. The application aims to identify part families and increase efficiency by considering the processes the produced products go through until they reach their final form. In this regard, the production process in the factory was examined in detail to determine the parts and machines to be assigned to the cells, the operations were defined, the assembly stages were observed, and the machines on which the operations were carried out were determined. The products considered for application were divided into nine different groups, and these groups are listed in Table 1.

**Table 1:** Product groups and codes

Kode:	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
Product:	Hat	Military Cap	Training coat	Training trousers	Training hat	Outside pants	Outside coat	Windbreaker	Reinforced outside coat

Different sizes are available for each of the products. Moreover, different fabrics are also available.

### 3.1. Cells formation

A total of 33 types of textile machines have been identified in the company for special purposes (for example, sewing machines used only for outdoor clothes) and for general purposes (for example, plain sewing machines). Special purpose machines used only for a specific product, in each case, the same cell as the product must be entered, and the straight sewing machine used for all products must be in each cell more than once to avoid unnecessary steps and complexity in the process, they have been removed from the list. As a result of this arrangement, the number of machines has dropped to 18. The machines in which the parts are processed have been determined in the examined production process.



If a part of a machine is operating, it is marked as "1"; otherwise, it is set as "0", and the created part-machine matrix is presented in Table 2.

**Table2:** Part-Machine 0-1 Matrix

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
M1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
M2	0	0	1	1	0	0	1	1	1
M3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M4	0	0	0	0	0	1	1	0	0
M5	0	0	1	1	0	1	0	1	0
M6	0	0	1	1	1	0	0	1	0
M7	1	0	1	0	0	1	1	1	0
M8	1	0	0	0	0	0	1	0	0
M9	0	0	1	0	1	0	0	0	0
M10	0	0	0	1	0	0	0	1	1
M11	0	0	1	0	1	0	0	1	0
M12	0	0	1	0	0	0	0	1	0
M13	0	0	1	1	0	1	0	1	0
M14	0	0	1	0	0	0	0	1	0
M15	0	0	1	1	0	0	0	1	0
M16	0	0	1	1	0	0	0	1	1
M17	0	0	0	1	0	1	1	0	0
M18	0	0	1	0	0	1	1	1	0

### 3.2. Application of Rank Ordering and Clustering (ROC) Method

The ranking and clustering method (ROC) steps are explained in Section 2.1; when Table 3 is applied, the two cell layouts presented in Table 3 are obtained. In this arrangement, the number of special elements is 20, the number of working parts is 7 (P2, P3, P4, P5, P6, P8 and P9), the number of working machines is 15 (M4, M8 and M9 external machines).

**Table 3:** ROC Algorithm Result

	P1	P7	P8	P6	P5	P2	P3	P9	P4
M1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
M7	1	1	1	1	0	0	1	0	0
M8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
M3	1	0	0	0	0	0	0	1	0
M18	0	1	1	1	0	0	1	0	0
M2	0	1	1	0	0	0	1	1	1
M17	0	1	0	1	0	0	0	0	1
M4	0	1	0	1	0	0	0	0	0
M5	0	0	1	1	0	0	1	0	1
M13	0	0	1	1	0	0	1	0	1
M6	0	0	1	0	1	0	1	0	1
M11	0	0	1	0	1	0	1	0	0
M16	0	0	1	0	0	0	1	1	1
M15	0	0	1	0	0	0	1	0	1
M12	0	0	1	0	0	0	1	0	0
M14	0	0	1	0	0	0	1	0	0
M10	0	0	1	0	0	0	0	1	1
M9	0	0	0	0	1	0	1	0	0

After cell creation, row and column operations can be applied to eliminate spaces within the cell. For this purpose, the elements with "1" in row M2 were shifted into the 2nd cell, row M5 was shifted below, and column P8 was moved to the right of P2. As a result, the block-diagonal matrix shown in Table 4



was obtained. With this arrangement, the number of exceptional elements decreased to 13, the number of bottleneck parts decreased to 7, and the number of bottleneck machines decreased to 11 (Table 4).

**Table 4:** ROC Method Results with Eliminated Gaps

	P1	P7	P6	P5	P2	P3	P8	P4	P9
M1	1	1	1	1	1	0	1	0	0
M7	1	1	1	0	0	1	1	0	0
M8	1	1	0	0	0	0	0	0	0
M18	0	1	1	0	0	1	1	0	0
M17	0	1	1	0	0	0	0	1	0
M4	0	1	1	0	0	0	0	0	0
M9	0	0	0	1	0	1	0	0	0
M3	1	0	0	0	0	0	0	0	1
M2	0	1	0	0	0	1	1	1	1
M5	0	0	1	0	0	1	1	1	0
M13	0	0	1	0	0	1	1	1	0
M6	0	0	0	1	0	1	1	1	0
M11	0	0	0	1	0	1	1	0	0
M16	0	0	0	0	0	1	1	1	1
M15	0	0	0	0	0	1	1	1	0
M12	0	0	0	0	0	1	1	0	0
M14	0	0	0	0	0	1	1	0	0
M10	0	0	0	0	0	0	1	1	1

The machines are positioned in the cells after determining which machines will be found in which cell and which product lines will be produced in which cell. This operation will be arranged in such a way as to ensure a continuous flow in the direction of the flow of the products made in the cell. This arrangement minimizes part transport costs and reduces third-party transport requirements.

## 5. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the applicability of cell manufacturing in the textile industry was tested, and the ROC method was used for this. As a result of the research, two production cells were obtained for nine kinds of products. The 2-cell system obtained by the ROC method, cell gaps, and exceptional elements are discussed. The number of these will be reduced, an improvement will be implemented, and an ideal cell structure will be created. In addition, the individual performance of the cells can be measured by the "Comprehensive Group Efficiency" (CGE) formula. In this method, the cells are evaluated from various aspects, such as the performance of the cell structure created, machine utilization rate, inter-cell flow efficiency, cell utilization rate, and flexibility. Flexibility, efficiency, and efficiency scores can be calculated to adjust the cell size.

In an application, the process that needs to be done after the cell is created is the placement of the machines within the cell. Machine layout should be arranged to ensure continuous flow. This arrangement should be made to minimize reverse part transportation and inter-cell part transportation costs. However, this topic is beyond the scope of the study. In future studies, research on the cost variable can be conducted.

The cellular production system requires skilled labor. For this reason, in-service theoretical and practical training programs should be organized, and employee flexibility should be provided through job rotation.

A ready-to-wear production enterprise applying the cellular manufacturing system can achieve a flexible and dynamic structure, adapt to changes in the local market, respond quickly to customer demands, produce different types of products efficiently, reduce production costs by reducing time losses, and use business resources more effectively.





## KAYNAKLAR

- [1]. Wu, N. & Salvendy, G. (1999) An efficient heuristic for the design of cellular manufacturing systems with multiple identical machines, *International Journal of Production Research*, 37:15
- [2] King, JR (1980). Machine-component grouping in production flow analysis: an approach using a rank order clustering algorithm, *IJPR Vol. 18, Issue 2*, 213-232

## CURRICULUM VITAE

### **Hatice GÜNER, Assistant Professor**

Hatice Güner completed her undergraduate and graduate studies in Industrial Engineering. She completed her doctorate at Wayne State University, Michigan, USA, with a dissertation titled "Productivity Analysis and bottleneck management in production lines". Between 2012 and 2013, she worked as a researcher at Qatar University and then as an assistant professor at a private university. She continues her academic studies as an assistant professor at Istanbul Rumeli University. The author's research interests are optimization and simulation techniques, manufacturing system design, and operations management.

### **Ali Rıza GÜNER, Assistant Professor**

Ali Rıza Güner received his undergraduate degree from Istanbul Yıldız Technical University in 2004 and his doctorate in Industrial Engineering from Wayne State University in 2011. He worked on dynamic routing using Intelligent Transportation Systems data during his doctorate. Before joining Istanbul Rumeli University as an assistant professor in 2020, he worked in different positions in academia and industry. His research interests are the applications of operations research techniques on transportation, logistics, and supply chain problems.



# Nanotechnology for Environmental Safety, Security and Sustainability: Recent Advances in Processes, Materials and Devices

Stefan KARTUNOV<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup> Em. Prof. Dr-Ing., TU of Gabrovo, Bulgaria,  
[skartunov@abv.bg](mailto:skartunov@abv.bg), ORCID:0000-0001-7709-9369

## ÖZET

Bu bilimsel iletişim, yazarın ekolojide nanoteknoloji alanındaki araştırmasını sunar. NEMS'in yaratılmasındaki eğilimler, nanokompozitlerin ekolojide uygulanması ve bunlarla ilgili eğitim tanımlanmıştır. "Ekoloji ve makul çevre" alanında nanoteknolojilerin geliştirilmesindeki bakış açıları ve riskler belirtilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Ekoloji, nano teknoloji, NEMS

**Anahtar Kelimeler:**

## ABSTRACT

This scientific communication presents the author's research in the field of nanotechnology in ecology. The trends in the creation of NEMS, the application of nanocomposites in ecology and the training on them are defined. Perspectives and risks in the development of nanotechnologies in the field of "Ecology and reasonable environment" are stated.

**Keywords:** ecology, nanotechnology, NEMS

## 1 INTRODUCTION

In the extremely dynamic and innovative environment of nanotechnology and the ever-increasing demand for new applications, this scientific communication presents the author's research on the matter. The development of nanomaterials, technologies and NEMS (NanoElectroMechanical Systems) is a natural extension of MEMS (MicroElectroMechanical Systems) in ecology [1]. They are currently growing into NEMS. As a result of the evolution of MEMS, there is a decrease in the mechanical components of the systems to nanosize, their mass and values in the interaction parameters are reduced, and their resonance frequency is increased, which means a significant increase in their functionality. Research on the state of nanotechnology has been published over the years [2, 3, 4]. In nanotechnology, nanoobjects (nanoelements) and nanomaterials are distinguished, both by nanotechnology and by functional parameters of the materials, but often this division has a dual nature. Subdivision of nanomaterials by types, types of technologies and methods for their production and research are given in [5]. Application areas of nanotechnology are also represented in this source, where "Environment, engineering and monitoring, software development" undoubtedly falls.



## 2. EXPOSURE

At the moment, 2 trends in the creation of NEMS can be distinguished: reducing the size of MEMS and developing fundamentally new devices based on molecular compounds. The first approach is related to difficulties arising from the limited resolution of applied technological processes such as electronic lithography, ion etching and others. According to the second approach, nanoresonators with an oscillation frequency above 10 GHz are being developed, which are used as needles (cantilevers) in scanning probe microscopes, nanoscales, nanoactuators and sensors. The practicality of this approach is also confirmed by the low energy consumption of NEMS, the application of the piezo- or electrostatic effect and the supply of energy in an electrical, thermal or chemical way.

The study of nanomaterials and technologies is published in the following sources [6, 7, 8, 9, 10], and especially Application of nanocomposites of silicon base in ecology and energy – in [11, 12]. A tutorial on nanocomposites is presented in [13].

## 3. CONCLUSION

Prospects and risks in the development of nanotechnologies in the field of "Ecology and a reasonable environment": At the expense of the saturation of the ecosphere with molecular sanitation robots, turning the waste from human activities into raw materials, as well as at the expense of the rearmament of industry and agriculture with waste-free nanotechnological methods can expect a qualitative leap in this area. The implementation of logical nanoelements in the attributes of the environment, the latter will become "reasonable" and more comfortable for the person.

## LITERATURE

- [1] Kartunov S., Micro-electromechanical Systems in the Ecology, Rezegne, 8. International Conference "Environment. Technology. Resources", © Rēzeknes Augstskola, Rēzekne, RA Izdevniecība, 2011, ISSN 1691-5402, ISBN 978-9984-44-071-2 Volume 1, p.163-172, BD „SCOPUS”, [zdb.ru.lv/conferences/3/VTR8\\_II\\_163.pdf](http://zdb.ru.lv/conferences/3/VTR8_II_163.pdf)
- [2] Къртунов С. Състояние и тенденции в развитието на водещите технологии за изделия от микро - и нанотехниката, Mikro ve nanoteknoloji ürünlerine yönelik önde gelen teknolojilerin geliştirilmesindeki durum ve eğilimler, Габрово, ЮНС “35 г. катедра МУ”, 2003, стр. 23 (in Bulgarian)
- [3] Kartunov S., State, applications and tendencies in the advance of novelty nanotechnologies, Vranehka Bania, 5. IK “RADMI-2005”, 2005, ISBN 86-83803-20-1, p.53-58
- [4] Kartunov S., Нанотехнологиите – древни и съвременни спътници в развитието на човечеството (един спомен за бъдещето), Nanoteknoloji - insanlığın gelişimindeki eski ve modern yoldaşlar (gelecek için bir anı), Созопол, НК с МУ „АДП-12”, ISSN 1310-3946, стр. 38-45 (in Bulgarian)
- [5] Къртунов С., Технологични основи в мехатрониката, микро- и наносистемната техника, Mekatronik, mikro ve nanosistem mühendisliğindeki teknolojik temeller, Габрово, УИ „В. Априлов”, 2012, ISBN 978-954-683-482-9, стр. 383, COBISS.BG-ID – 1259450340 (in Bulgarian)
- [6] Къртунов С. (ръководител), Изследване на нанокompозити на силициевии структури за приложение в мехатрониката, Mekatronikte uygulamaya yönelik silikon yapıların nanokompozitleri üzerine araştırma, Договор М-1722/2017 към УЦНИТ на ТУ-Габрово, 1800 лв. стойност на проекта, 2017 (in Bulgarian)
- [7] Къртунов С., Б. Боев, Физико-механични характеристики на нанокompозитни материали на база силициевии структури, част I и II, Silikon yapılarla dayalı nanokompozit malzemelerin fiziko-mekanik özellikleri, Созопол, XXVI МНТК АДП, Научни известия на НТС по машиностроене, 2017, ISSN 1310-3946, p. 36-41-46 (in Bulgarian)



- [8] Къртунов С., Влияние на съставните метали върху свойствата на нанокomпозитите на база силициевии структури и титанов двуокис, синтезирани за слънчеви колектори, част I, Güneş kolektörleri için sentezlenen silikon yapıları ve titanyum dioksite dayalı nanokompozitlerin özellikleri üzerinde bileşen metallerin etkisi, Габрово, международна научна конференция „УНИТЕХ”17, 2017, стр. 273-280, Pr. III, ISSN 1313-230X (in Bulgarian)
- [9] Къртунов С., Влияние на съставните метали върху свойствата на нано-композитите на база силициевии структури и титанов двуокис, синтезирани за слънчеви колектори, част II, Güneş kolektörleri için sentezlenen silikon yapıları ve titanyum dioksite dayalı nanokompozitlerin özellikleri üzerinde bileşen metallerin etkisi, Габрово, международна научна конференция „УНИТЕХ”17, 2017, стр. 281-288, Pr. III ISSN 1313-230X (in Bulgarian)
- [10] Kartunov S., Effect of Noble Metals on the Properties of Nanocomposites Based on Silicon Structures and Titanium Dioxide, Synthesized for Solar collectors, Zlatibor, RADMI-17, 2017, p. 155-159, A-5, ISBN 978-86-6075-062-6
- [11] Kartunov Stefan, Application of Nanocomposites of Silicon Base in Ecology and Energy, Zurich, 6. IRED-Conference “CSM Engineering”, Publisher IRED, 2018, ISBN 978-1-63248-150-4, p. 100-103, BD SEEK, DOI: 10.15224/978-1-63248-150-4-50
- [12] Kartunov S., Study of Nanocomposites of Silicon Structures for use in Mechatronics, Journal Modern Concepts in Material Science, San Francisco, Irish Publishers, Volume 2-Issue 5, 04.03.2020, ISSN: 2692-5397, p. 1 - 4, <https://irispublishers.com/mcms/pdf/MCMS.MS.ID.000549.pdf>, DOI: 10.33552/MCMS.2020.02.000549
- [13] Kartunov S., D. Izvorska, Teaching about Polymer and Hybrid Nanocomposites in Engineering Degree Courses at TU-Gabrovo BG, Cacak, Faculty of Technical Sciences, Proceeding 38. Int. Conference ICPE-S, ISBN 978-86-7776-252-0, p. 282-287

## CURRICULUM VITAE

Prof. Stefan Kartunov was born on May 13, 1956 in Gabrovo, Bulgaria. Graduated TMET “D-r N. Vasiliadi” and from 1977 to 1982 follows a course “Precision Engineering” at the Technical University of Gabrovo. From 1982 to 1988 he worked as a technologist and leading technologist at the Institute “Mechatronics” Gabrovo. He PhD successfully defended her thesis on “Aided design of technological processes” in 1992 at the Technical University of Sofia. In 2000 habilitation on spec. “Manufacturing Technologies”. Currently he is a professor in spec. “Computer Aided Design” TU- Gabrovo. He has published 20 books and published more than 150 articles and reports. His research interests are in the field of CAD/CAM-systems in micro- and nanotechnology and design processes for their elements. From 2021 he is an emeritus professor, Technical University of Gabrovo, Bulgaria,



# Türkiye CO<sub>2</sub> EMISSION ESTIMATION AND OECD COMPARISON: AN APPLICATION WITH ANFIS

Abdullah Zübeyr ŞEKERCİ<sup>1</sup>, Selin SONER KARA<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> İstanbul Rumeli Üniversitesi

azubeyr.sekerci@rumeli.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4181-0387

<sup>2\*</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi

ssoner@yildiz.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0894-0772

## ABSTRACT

Today, climate changes and earth temperature are intensifying on a global scale, and the number of preventive studies on the effects of this negative situation is increasing in both scientific and practical fields. China, America, India and European countries, which are the main responsible for this situation, constitute most of the emissions. Declarations such as the Paris Climate Agreement or the Kyoto Protocol should stipulate obligations in parallel with the emissions ranking. In this context, in our study, CO<sub>2</sub> emissions for Turkey for the years 2025-2027-2030 are estimated with the Adaptive Network-Based Fuzzy Inference System (ANFIS) by considering three inputs and one output frequently used in the literature. The same estimation was made for the OECD overall, the USA and CHINA. Afterwards, the figures were compared and a country-region based graph was presented according to the current emission production intensity. According to this graph, it has been revealed that countries such as Turkey, whose emissions are well below the world average, should not be subject to the same conditions as countries with very high emissions.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> Emission, Forecasting, ANFIS, OECD.

## 1. INTRODUCTION

Today, industrialization is going through its fastest period. This situation brings about a large fossil fuel (FS) consumption. Although positive responses to the call of energy policy-making institutions such as the International Energy Agency (IEA) to direct renewable energy sources (RES) have increased, the rate of CO<sub>2</sub> emissions, most of which are fossil-based, does not decrease. On the contrary, the increase continues. Due to this increase, the surface temperature continues to increase. This increase is shown in the graph in Figure 1.

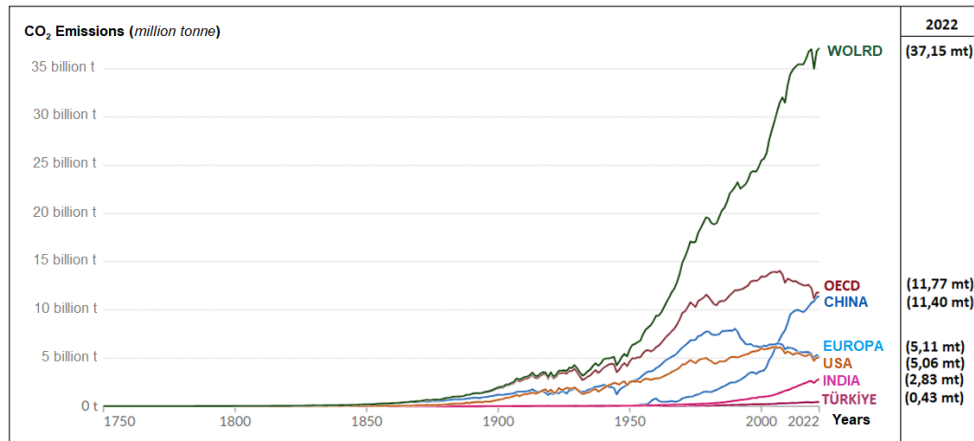
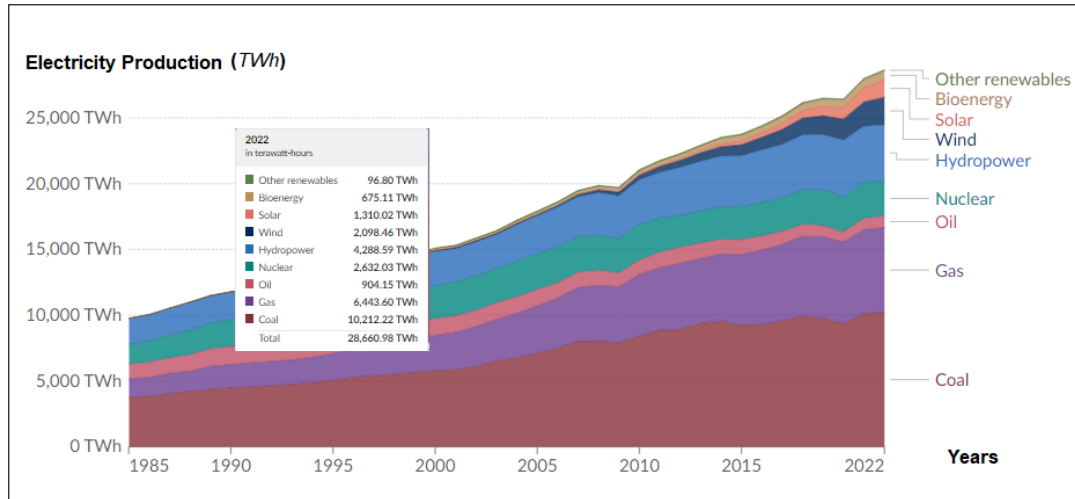


Figure 1. World CO<sub>2</sub> Emissions, 1750-2022 [1]





As seen in Figure 1, there was not much increase in CO<sub>2</sub> emissions from the 18th century until the beginning of the 20th century. However, in the 19th century, when industrialization had just begun and increased rapidly, the amount of emissions increased rapidly. The main reason why current industrialization increases emissions is that it mostly uses fossil fuels such as coal, oil and natural gas. In this context, Figure 2 shows the amount of CO<sub>2</sub> released from electricity generation worldwide according to FS-RES sources.



**Figure 2.** CO<sub>2</sub> Emissions for World Electricity Generation by Sources, 1785-2022 [2]

As seen in Figure 2, FS corresponds to 61.27% of the total resource in electricity production. This rate represents a high amount. Today, institutions such as IEA are calling to prevent and reduce this increase in emissions that trigger global heat and disrupt the climate. 144 countries signed the Kyoto Protocol signed in 2009, to which Turkey was a party [3], and 175 countries signed the Paris Climate Agreement signed in 2016 [4]. However, there is a common call to all participating countries in these protocol texts, and countries with higher emissions and countries with lower emissions are subject to the same conditions. This situation requires an obligation that countries cannot afford to ignore. For example, according to Figure 1, while the CO<sub>2</sub> emission of OECD countries is 11.77 mt, the total CO<sub>2</sub> emission of Turkey, which is among the OECD countries, is 0.43 mt. Countries that create most of these emissions have to take on more obligations. As another example, since the USA and CHINA together account for half of the world's emissions, they should receive half of the current liability.

Our study is a recommendation for the path to be followed by countries in reducing emissions. It envisages liability equal to the amount of emissions created. In this context, it makes 2023-25-30 emission forecasts for Turkey and compares these results with the future projections of the OECD, the USA and CHINA. While doing this, estimation was made with ANFIS using three inputs and one output selected from the literature. As a result, it has been revealed that since the emission amounts are similar in the future, protocol obligations should be determined according to these amounts.

## 2. LITERATUR REVIEW

Similar to our study, there are emission estimation studies in the literature using ANFIS or artificial neural networks (ANN). Rodrigues et al. In the study they published in 2009, they made CO<sub>2</sub> EC for Brazil with ANFIS, using 37 years of POP and GDP data as input and 37 years of CO<sub>2</sub> data as output. Mardani et al. In their study published in 2019, they estimated the CO<sub>2</sub> emissions of G8+5 countries to examine the relationship between RE consumption and CO<sub>2</sub> emissions. In the estimation process, RE consumption, CO<sub>2</sub> emissions and economic development were considered as inputs, while CO<sub>2</sub> emissions were considered as outputs. Jena et al. In their study published in 2021, they classified 17 countries according to their emissions and made future predictions with ANFIS. POP treated GDP data as input and CO<sub>2</sub>



data as output. It examined the countries' compliance with the protocol texts according to their current and future emission levels.

**Table 1.** Literatur Review

Yazar(lar)	Year	Application*	Method**
Auffhammer ve Carson [5]	2008	CHINA-CO <sub>2</sub> EF	EKC Test
Rodrigues vd. [6]	2009	Brazil- CO <sub>2</sub> EF	ANFIS
Li d. [7]	2010	CHINA CO <sub>2</sub> EF	ANN
Arouri vd. [8]	2012	MENA CO <sub>2</sub> EF	EKC Test
Yuan vd. [9]	2014	CHINA CO <sub>2</sub> EF	EKC Test
Bozkurt ve Okumuş [10]	2015	Türkiye CO <sub>2</sub> EF	EKC Test
Appiah vd. [11]	2018	ÇİN CO <sub>2</sub> EF	ANN
Khan ve Khan [12]	2019	Pakistan CO <sub>2</sub> EF	ANFIS & ANN
Mardani vd. [13]	2019	G5+8 CO <sub>2</sub> EF	ANFIS & EKC
Jena et al. [15]	2021	17 Countries CO <sub>2</sub> EF	ANN
Abdullah and Pauzi [16]	2021	CO <sub>2</sub> EF	ANFIS
Mutascu [17]	2022	USA CO <sub>2</sub> EF	ANN

\*EF: Emission Forecasting

\*\*EKC: Environmental Kuznets Curve

**Table 2.** Input and Output Use in Literature

Wrighter(s)	Inputs*						Output**
	POP	GDP	EP	EC	TE	TO	CO <sub>2</sub>
Auffhammer ve Carson [5]							√
Rodrigues vd. [6]	√	√					√
Li d. [7]				√			√
Arouri vd. [8]		√		√			√
Yuan vd. [9]		√		√			√
Bozkurt ve Okumuş [10]	√	√		√		√	√
Appiah vd. [11]	√	√		√		√	√
Khan ve Khan [12]				√	√		√
Mardani vd. [13]		√		√			√
Jena vd. [15]	√	√				√	√
Abdullah ve Pauzi [16]	√	√					√
Mutascu [17]				√			√
<b>TOPLAM</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>12</b>

\*POP: Population Growth, GDP: Gross Domestic Product, EP: Energy Prices, EC: Energy Consumption, TE: Temperature, TO: Trade Openness.

\*\*CO<sub>2</sub>: CO<sub>2</sub> Emission

After stating the literature review, the methodology of the study and application is explained in the following section.

### 3. METHODOLOGY

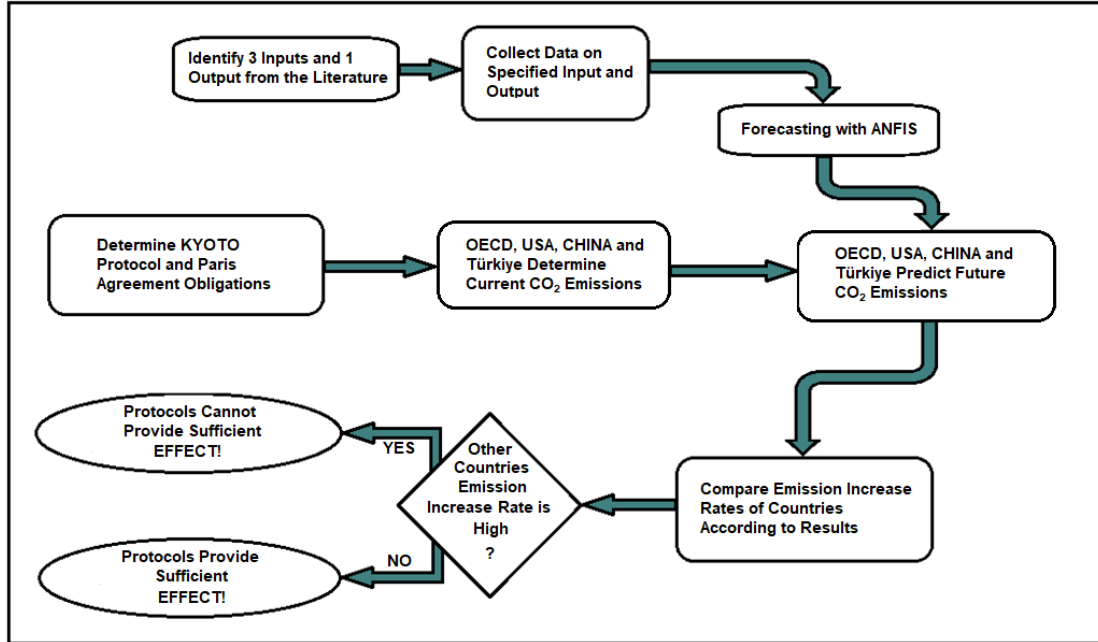
Under this heading, both the application and the methodology of the study are explained.

#### 3.1. Methodology of the Study

Our study consists of a forecasting application as stated above. It uses the forecast results to analyze the Kyoto Protocol and the Paris Agreement, which determine international energy policy.

In the estimation application, the three most frequently used inputs and one output in the literature in Table 2 were used with the ANFIS method. Predictions for 2023-25-30 have been put forward. According

to these results, the protocols were analyzed. The workflow demonstrating this methodology is shown in Figure 3.

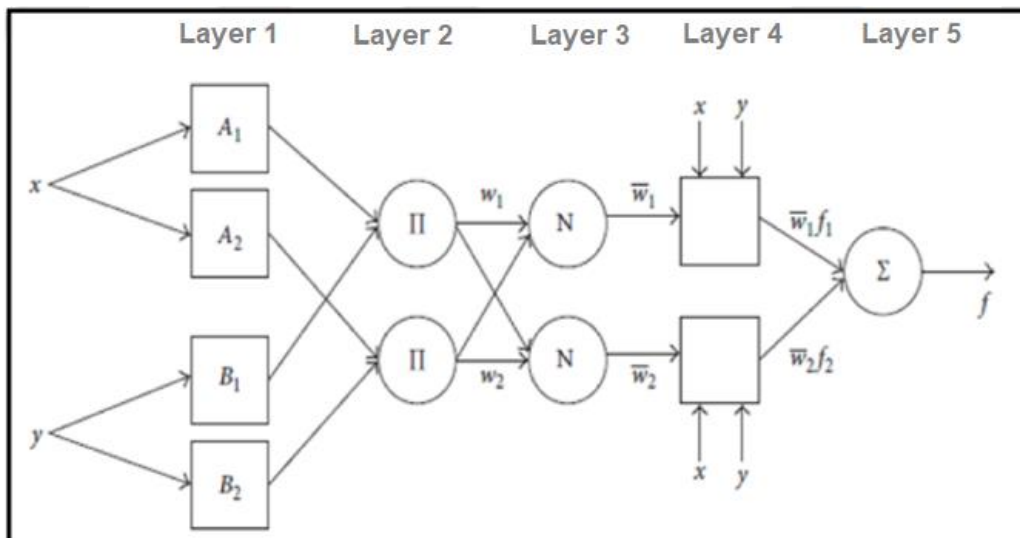


**Figure 3.** Methodological Flow Diagram of the Study

The methodology of the application part of the study, which we will put forward in accordance with the study shown in Figure 3, is also explained under the following heading.

### 3.2. Methodology of the Application

ANFIS consists of the integration of fuzzy logic and ANN. Login information is expressed with the membership function. It also uses the features of ANN with feed-forward and error correction methods. In this way, it has a robust structure and an accuracy of 90% [18]. The layered structure of the ANFIS model is shown in Figure 4.



**Figure 4.** Layered Structure of the ANFIS Model [19].



The mathematical operations in the ANFIS process are listed below [13]:

Layer 1: Membership degrees of the entries are indicated:

$$o_i^1 = \mu_{A_i}(x), i = 1, 2, \dots \quad (1)$$

Membership levels are low, medium and high. The graph of membership functions can be shown as a bell curve:

$$\mu_{A_i}(x) = \frac{1}{1 + \left[ \frac{x - c_i}{a_i} \right]^{2b_i}} \quad (2)$$

Layer 2: The data is put through the fuzzification process and correlated with each other:

$$o_i^2 = \omega_i = \mu_{A_i}(x) * \mu_{B_i}(x), i = 1, 2, \dots \quad (3)$$

Layer 3: “ $\omega_i$ ” değerleri normalize edilir.

$$o_i^3 = \bar{\omega}_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}, i = 1, 2, \dots \quad (4)$$

Layer 4: It is the layer before clarification. The normalized rules receive the contribution of the output functions.

$$o_i^4 = \bar{\omega}_i f_i = \bar{\omega}_i (p_i x + q_i y + r_i) \quad (5)$$

Here;

$\bar{\omega}_i$  : Layer 3 output

$p_i, q_i, r_i$  : These values calculated by the least squares method are the final parameters

it is stated as.

Katman 5: The sum of all output is calculated:

$$o_i^5 = \sum \bar{\omega}_i f_i \quad (6)$$

The functioning of the ANFIS structure, whose mathematical processes are mentioned in the above items, is shown in Table 3.

**Table 3.** Functioning of the ANFIS Model [20]

	İLERİ BESLEME	GERİ BESLEME
ÖNCÜL PARAMETRELER	Sabit	Gradyan İnişi
FİNAL PARAMETRELER	En Küçük Kareler	Sabit
SİNYAL	Düğüm Çıktıları	Hata Sinyali

In the ANFIS model, if the number of membership functions is “n”, the number of inputs is “x” and the number of rules is “y”:

$$y = n^x \quad (7)$$

It is expressed as .



#### 4. APPLICATION

Our application basically investigates the appropriateness of the responsibilities imposed on countries by the Paris Climate Agreement and the Kyoto Protocol. In this context, the country he deals with is Türkiye and the community is OECD. CO<sub>2</sub> emissions of OECD countries, including Turkey, are higher than Turkey's. In addition, according to Figure 1, the same responsibilities apply to the USA and China, which produce half of the world's CO<sub>2</sub> emissions.

In this context, our study examines the emissions of Turkey and other countries in the said protocols for the years 2023-25-30 and makes decisions based on their increase-decrease rates. What it decides is how effective the protocols are.

The method used in our study is ANFIS. In accordance with the study methodology in Figure 3, data was first collected on the three most used inputs in the literature. These three inputs were POP, GDP, and EC. The output is CO<sub>2</sub>. These data will be examined under separate headings, first for Türkiye and then for OECD.

##### 4.1. Application for Türkiye

The graph of the three data in question for the period 1971-2022 collected from the World Bank [21] for Turkey is shown in Figures 4, 5 and 6. Additionally, the CO<sub>2</sub> emission graph for the same years is shown in Figure 7.

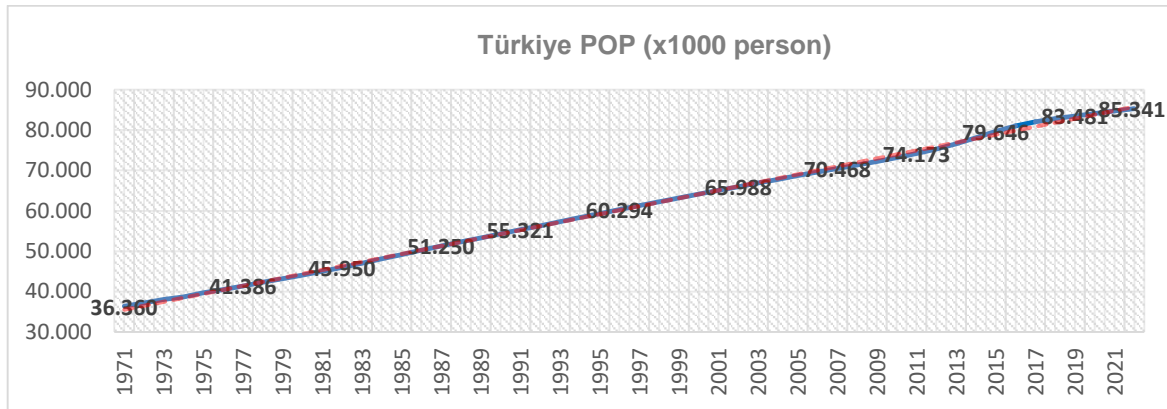


Figure 4. Türkiye POP (1971-2022) [21]

The graph of Türkiye GH 1971-2022 information is shown in Figure 5.

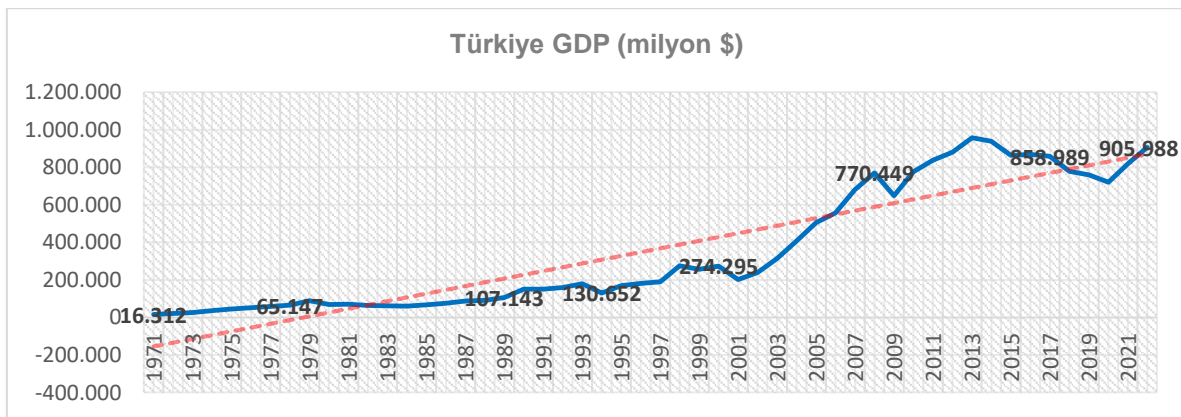


Figure 5. Türkiye GDP (1971-2022) [21]



The graph of Türkiye Annex 1971-2022 information is shown in Figure 6.

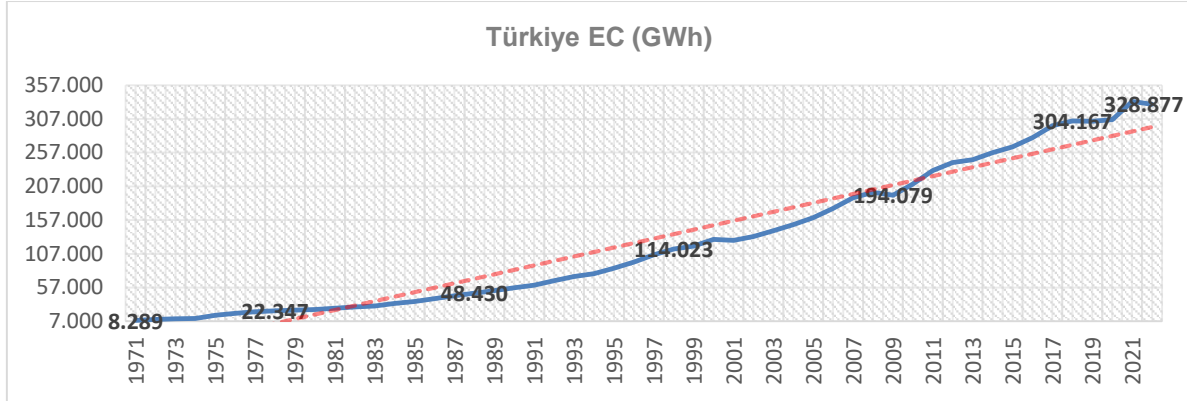
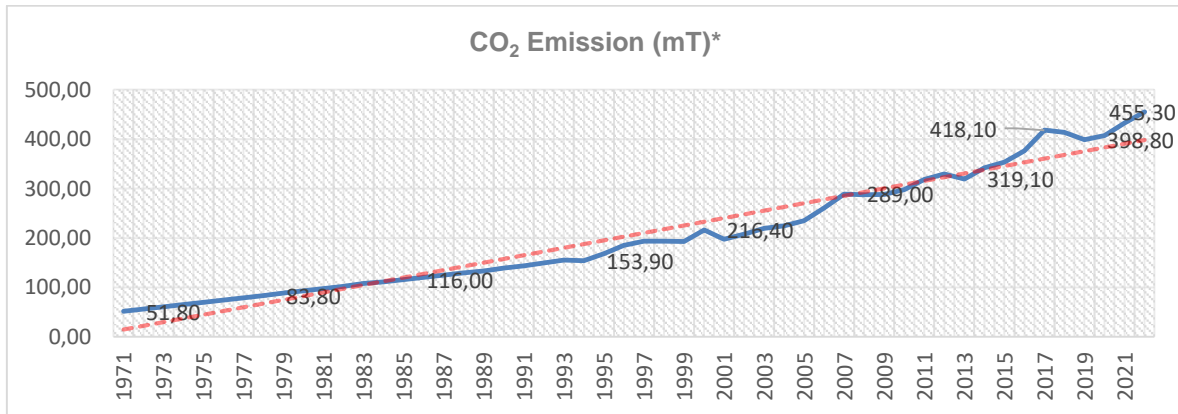


Figure 6. Türkiye EC (1971-2022) [21]

The graph of Türkiye's CO<sub>2</sub> emission information between 1971 and 2022 is shown in Figure 7.



\*mT: megatonne

Figure 7. Türkiye CO<sub>2</sub> (1971-2022) [21]

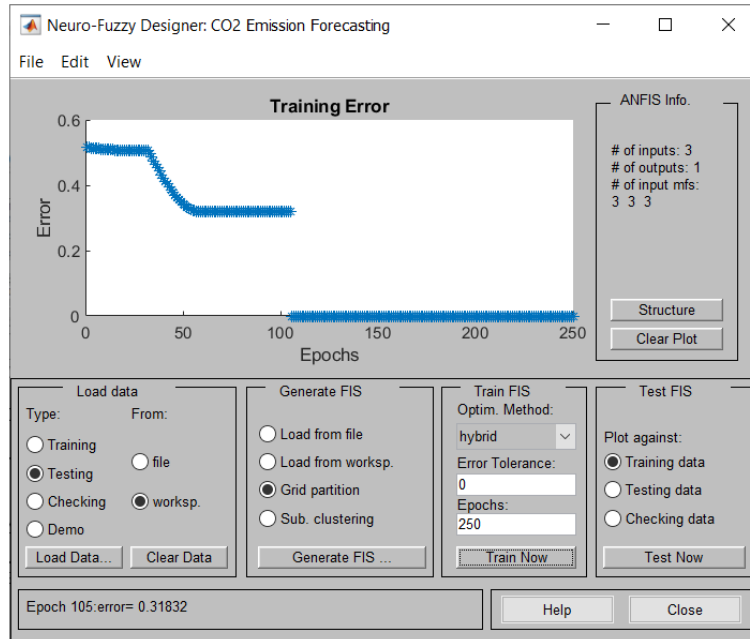
The data mentioned above were used as ANFIS input and output in the Fuzzy Logic Toolbox package in the MATLAB program. The data were used as 70% training data and 30% test data, in accordance with the general usage in the literature [20]. When the data was tested 250 times with different membership functions, different error tolerances were obtained. The membership function type and subset that gives the least error were selected for our estimation application. Table 4 shows the ANFIS membership function and type that gives the least error.

Table 4. Determining ANFIS Membership Function (MF)

MF Name	MF Type	MF Subset	Error Value	Error Ranking
Triangle MF	trimf	3-3-3	0,31832	min.
Triangle MF	trimf	4-4-4	0,82023	
Trapezoid MF	trapmf	3-3-3	6,4127	
Trapezoid MF	trapmf	4-4-4	3,9806	
Gaussian Bell MF	gbellmf	3-3-3	1,1814	
Gaussian Bell MF	gbellmf	4-4-4	0,81135	

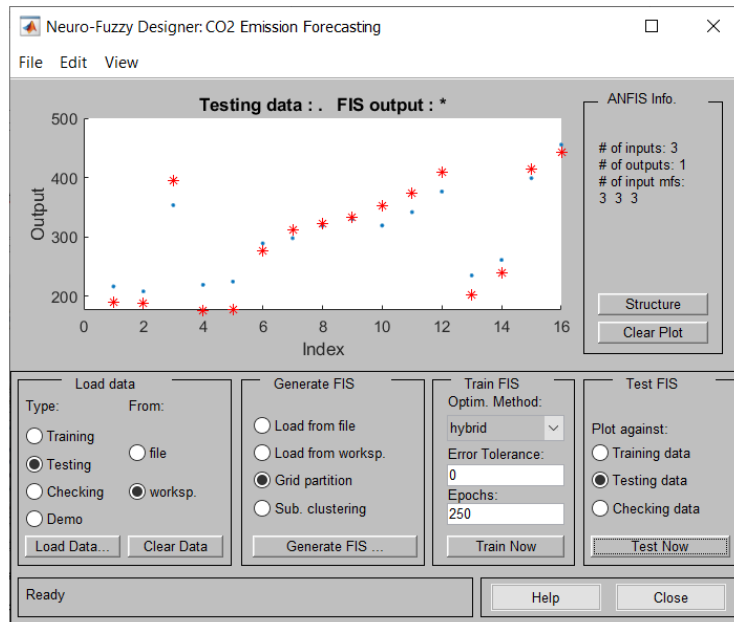
As shown in Table 4, the MF type that gives the least error was determined as "trimf" and the membership subset was determined as "3-3-3". Figure 8 shows this process in ANFIS.





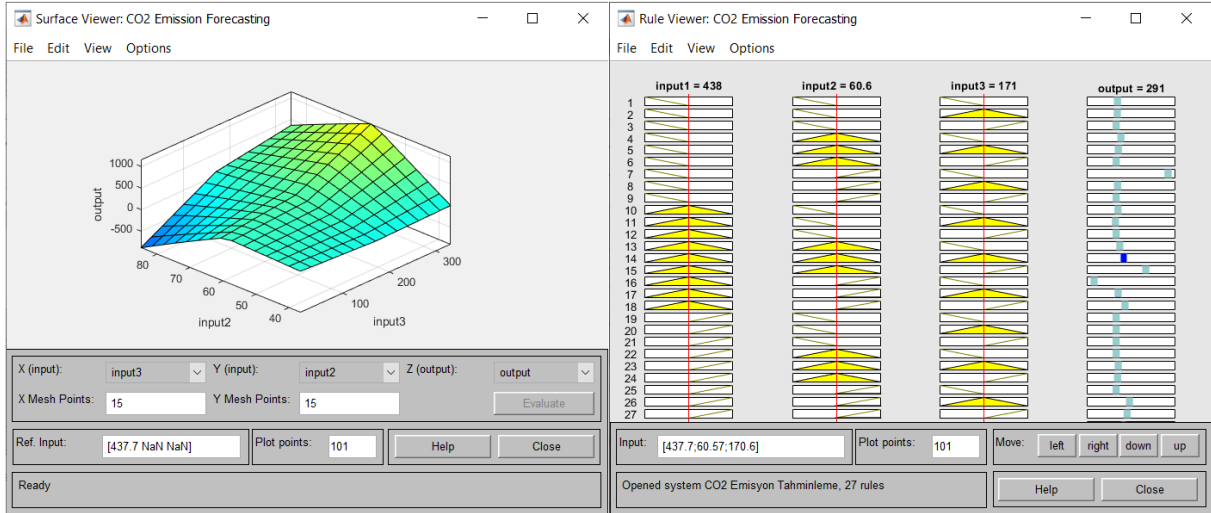
**Figure 8.** Choosing ANFIS Membership Function Type and Subset

A suitable error condition is obtained as shown above. We can also understand this from the correlation of training and test data in the output part. Figure 9 expresses this with the fit of the data.



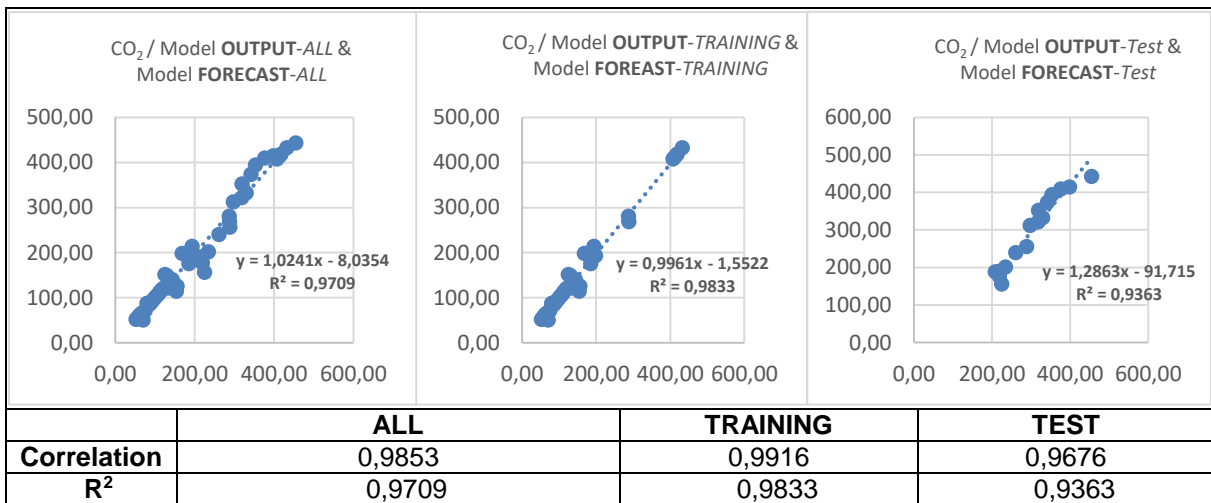
**Figure 9.** ANFIS Output Training and Test Data Compatibility

The resulting rule base is shown in Figure 10. Less indentation and protrusion indicates the harmony of the data.



**Figure 10.** ANFIS Model Rule Base

New output data can be obtained with new input data in the rule base of the ANFIS model formed in Figure 10. Therefore, the specified years 2023-25-30 are estimated in this way. Predicting the coming years with high accuracy depends on the formation of a strong rule base. Figure 11. Shows the high correlation of output and prediction data. Training data has a correlation of 99.16%, test data has a correlation of 96.76% and all data has a correlation of 98.53%.



**Figure 11.** Correlation of Output Data and Prediction Results

As seen in Figure 11, output data and prediction results show a high correlation. With the solid rule base formed in this context, the coming years are strongly predicted. These estimation results are shown in Table 5.

**Table 5.** ANFIS Türkiye CO<sub>2</sub> Emission Forecast Results

Years	2023	2025	2030
CO <sub>2</sub> Emission (TÜRKİYE) - mT	452,54	483,96	564,36
CO <sub>2</sub> Emission (TÜRKİYE) – increase %	-	%6,9	%16,6



ANFIS forecast results for Türkiye have been presented. OECD, USA and CHINA figures are also presented and a comparison is made. Figure 1 shows the CO<sub>2</sub> emissions of these countries. Future emission estimates of these countries were obtained in Ms Excel using polynomial regression, which offers a more practical solution than ANFIS. Table 6 compares the emissions of these countries and societies with Türkiye.

**Table 6.** ANFIS Türkiye and Other Countries CO<sub>2</sub> Emission Estimation Results

Years	2023	2025	2030
CO <sub>2</sub> Emission (TÜRKİYE) - <i>mT</i>	452,54	483,96	564,36
CO <sub>2</sub> Emission (TÜRKİYE) – <i>increase %</i>	-	<b>%6,9</b>	<b>%16,6</b>
CO <sub>2</sub> Emission (OECD) - <i>mT</i>	10.955,26	10.223,85	10.025,20
CO <sub>2</sub> Emission (OECD) – <i>increase %</i>	-	<b>-6,7%</b>	<b>-1,9%</b>
CO <sub>2</sub> Emission (USA) - <i>mT</i>	4.945,81	4.510,23	4.312,94
CO <sub>2</sub> Emission (USA) – <i>increase %</i>	-	<b>-8,8%</b>	<b>-4,4%</b>
CO <sub>2</sub> Emission (CHINA) - <i>mT</i>	12.046,78	12.720,56	14.362,02
CO <sub>2</sub> Emission (CHINA) – <i>increase %</i>	-	<b>5,6%</b>	<b>1,3%</b>

Table 6 is interpreted in the next section.

## FINDINGS AND DISCUSSION

As seen in Table 6, the increase rate of OECD countries has turned into a decrease. This situation is the fruit of the green energy transition policies of the last twenty years, as seen in Figure 1. Although the decrease rate has decreased, it can be seen that it continues the same policy. Similar to the OECD community, a decreasing trend prevails in the USA. Although it seems to have a high reduction rate compared to OECD countries, the USA has achieved an emission reduction of approximately 200 mT from 2025 to 2030, and the OECD has achieved a 200 mT emission reduction. This depends on the size of the emission amount. In this context, it seems that the OECD and the USA are complying with the Paris Climate Agreement and similar protocols.

According to another situation, emissions continue to increase in China. Although the graph decreased towards 2030, it could not move on to the decrease part. This is because China has the highest CO<sub>2</sub> emissions in the world. Reducing emissions and switching to green energy will not be easy with emissions of this size. However, despite everything, it seems that China is trying to comply with the specified protocols.

In Turkey, which is the subject of the study, the amount of CO<sub>2</sub> emissions and the rate of increase are increasing together. Although this picture seems negative, in this context, Turkey seems to be incompatible even though it has signed the existing protocols. However, it should be noted that Turkey produces almost 52 times less emissions than the total of the other three countries and organizations in Table 6. There may be many reasons for this situation. The most important of these may be new industrialization moves. In this case, the question that arises may be: "Do the current protocols impose obligations on countries according to their own capacities?"

## CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

As seen in Figure 1, OECD, USA and CHINA account for approximately 76% of the total world CO<sub>2</sub> emissions. In addition, as seen in Table 6, the OECD community, consisting mostly of European states, has managed to keep CO<sub>2</sub> emissions constant and even reduce them in the last twenty years with some measures taken. Likewise, there have been declines in the USA for the last five years. In China, the increase rates are decreasing.

Our study examines the differences in obligations of existing protocols between high-emitting countries and low-emitting countries. For this purpose, it first shares current emission figures. Afterwards, he made predictions with ANFIS by considering three inputs and one output that are frequently used in



the literature for future projection. As a result, it has been confirmed that existing protocols create an obstacle to high-emitting countries. However, the suggestion that should be offered at this point might be this. The same responsibility should not be imposed on other high-emitting countries, as well as a country that has almost 52 times less emissions than the three countries and organizations mentioned and has just made its industrial breakthrough.

## REFERENCES

- [1] Our World in Data, "CO2 emissions", Son Erişim Tarihi: Ocak 2024.  
<https://ourworldindata.org/co2-emissions>
- [2] Our World in Data "Electricity production by source, World", Son Erişim Tarihi: Ocak 2024.  
<https://ourworldindata.org/grapher/electricity-prod-source-stacked>
- [3] Türkiye Cumhuriyeti Dış İşleri Bakanlığı "Kyoto Protokolü", Son Erişim Tarihi: Aralık 2023.  
<https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa>
- [4] Türkiye Cumhuriyeti Dış İşleri Bakanlığı "Paris Anlaşması", Son Erişim Tarihi: Aralık 2023.  
<https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa>
- [5] AUFFHAMMER Maximilian, CARSON Richard T., "Forecasting The Path of China's CO2 Emissions Using Province-Level Information", Journal of Environmental Economics and Management, Volume: 55, Number: 3, Pp: 229-247. DOI: 10.1016/j.jeem.2007.10.002
- [6] RODRIGUES, J. A. Pinto, NETO, L. Biondi, COELHO, P. H. Gouvêa, MELLO, J. C. C. B. Soares, "Estimating Greenhouse Gas Emissions Using Computational Intelligence" ICEIS 2009.
- [7] LI Shourong, ZHOU Rongxi, MA Xin, "The forecast of CO2 emissions in China based on RBF neural networks", 2010 2nd International Conference on Industrial and Information Systems, Dalian, 2010, Sf: 319-322. DOI: 10.1109/INDUSIS.2010.5565845
- [8] AROURI, M. El Hedi, YOUSSEF, A. Ben, M'HENNI Hatem, RAULT Christophe, "Energy Consumption, Economic Growth and CO2 Emissions in Middle East and North African Countries" Energy Policy, Volume: 45, Pp: 342-349, Haziran 2012.
- [9] YUAN Jiahai, XU Yan, HU Zheng, ZHAO Changhong, XIÖNG Minpeng, GUO Jingsheng, "Peak energy consumption and CO2 emissions in China", Energy Policy, Volume: 68, Pp: 508-523, Şubat 2014. DOI: 10.1016/j.enpol.2014.01.019
- [10] BOZKURT Cuma, OKUMUŞ İlyas, "Türkiye'de Ekonomik Büyüme, Enerji Tüketimi, Ticari Serbestleşme Ve Nüfus Yoğunluğunun CO2 Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırılmalı Eşbütünleşme Analizi" Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Volume: 12 Number: 32, Pp: 23-35, Aralık 2015.
- [11] APPIAH Kingsley, DU Jianguo, APPAH Rhoda, QUACOE Daniel, "Prediction of Potential Carbon Dioxide Emissions of Selected Emerging Economies Using Artificial Neural Network", Journal of Environmental Science and Engineering, DOI:10.17265/2162-5298/2018.08.003
- [12] KHAN, M. Zahir, KHAN, M. Farid, "Application of ANFIS, ANN and Fuzzy Time Series Models to CO2 Emission from the Energy Sector and Global Temperature Increase" International Journal of Climate Change Strategies and Management, Volume: 11, Number: 5, Pp: 622-642, Nisan 2019.
- [13] MARDANI Abbas, FAN Yee, NILASHI Mehrbakhsh, HOOKER Robert, OZKUL Seckin, STREIMIENE Dalia, LOGANATHAN Nanthakumar. "A Two-Stage Methodology Based on Ensemble Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System to Predict Carbon Dioxide Emissions", Journal of Cleaner Production, Volume: 231, Pp: 446-461. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.05.153
- [15] JENA, P. Ranjan, MANAGI Shunsuke, MAJHI Babita, "Forecasting the CO2 Emissions at the Global Level: A Multilayer Artificial Neural Network Modelling" Energies, Volume: 14, Number: 19, Pp: 6336, Ekim 2021. DOI: 10.3390/en14196336
- [16] LAZIM Abdullah, PAUZI, H. Mohd, "Adaptive-Neuro Fuzzy Inference System for CO2 Emissions Data" Intelligent and Fuzzy Techniques for Emerging Conditions and Digital Transformation, Proceedings of the INFUS 2021 Conference, Volume 1, Pp: 155-161, Ağustos 2021.  
DOI: 10.1007/978-3-030-85626-7\_19
- [17] MUTASCU Mihai, "CO2 emissions in the USA: new insights based on ANN approach", Environmental Science and Pollution Research, Sayı: 29, Cilt: 45, Sf: 68332-68356, Mayıs 2022.  
DOI: 10.1007/s11356-022-20615-1



- [18] ZIASABOUNCHI Negar, ASKERZADE Iman, “ANFIS Based Classification Model for Heart Disease Prediction”, International Journal of Electrical & Computer Sciences, Volume: 14, Number: 2, Pp: 7-12, Nisan 2014.
- [19] JANG, J-S, R, “ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System” IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Volume: 23, Number: 3, Pp: 665-685, Haziran 1993.
- [20] ŞEKERCİ Abdullah, “Investigation of the Effect of Increased Co<sub>2</sub> Gas Emissions on Temperature Levels in Turkey: An Application with ANFIS and Linear Regression” 2st Rumeli Energy and Design for A Sustainable Environment Symposium, Haliç, February 17 – 18, 2022, Sf: 169-181.
- [21] THE WORLD BANK, “Türkiye”, Last Accessed: Aralık 2023.  
<https://data.worldbank.org/country/turkiye>

## CURRICULUM VITAE

### **Abdullah Zübeyr, ŞEKERCİ, Research Assistant**

He completed his undergraduate degree in 2016 and his master's degree in 2019 from Istanbul Commerce University Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering.

He is currently continuing his doctoral studies at Yıldız Technical University, Institute of Science and Technology, Department of Industrial Engineering. He works as a Research Assistant at Istanbul Rumeli University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Industrial Engineering. He works in the fields of supply chain network design, network optimization, stochastic modeling and fuzzy decision-making methods.

### **Selin SONER, KARA, Prof. Dr.**

She received his bachelor's degree in 2002, master's degree in 2004 and doctorate in 2008 from Yıldız Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Industrial Engineering. In 2010, he completed his postdoctoral degree at Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, EPFL (The Federal Institute of Technology, Lausanne), Faculty of Mechanical Engineering, Laboratory for Production Management and Processes, Switzerland.

She currently teaches at Yıldız Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Industrial Engineering, with the title of Professor. She works in the fields of Industrial Engineering, Supply Chain and Logistics Management, Network Design, Engineering and Technology.



## SUSTAINABLE GROUND IMPROVEMENT METHODS

Ahmet Sinan TEKER<sup>1</sup>, İrem ŞENSOY<sup>2</sup>, Hilal GÜLNUR TEKER<sup>3</sup>

- 1\* **Kurum veya Firma** İstanbul Rumeli Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Araştırma Görevlisi  
E – Posta, asinan.teker@rumeli.edu.tr
- 2\* **Kurum veya Firma** Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Yüksek Lisans Öğrencisi  
E – Posta, iremsensoy.28@gmail.com
- 3\* **Kurum veya Firma** Tursam Galvaniz A.Ş., B Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı  
E – Posta, hilalteker@hotmail.com

### ÖZET

Günümüzde deprem ve geoteknik mühendisliğinde katastrofik etkiler barındıran birtakım mekanik ve dinamik etkilerin çevre ile ekonomiye verdiği zararlar ortadadır. Bu bakımdan, zeminlerin mühendislik anlamında iyileştirilmesi büyük önem taşımaktadır. Ancak son günlerde rağbet gören kimyasalların kullanımı doğaya büyük zarar vermekte olup, buna alternatif olarak endüstriyel atıkların çevre dostu formlarda iyileştirme malzemesi olarak kullanımı bu çalışmada değerlendirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Zemin İyileştirilmesi, Endüstriyel Atıklar, Çevre Kirliliği

### ABSTRACT

Today, the negative effects caused to the environment and economy by some mechanical and dynamic effects that have catastrophic effects in earthquake and geotechnical engineering are obvious. In this regard, engineering improvement of soils is of great importance. However, the use of chemicals that have become popular in recent days causes great harm to nature, and as an alternative, the use of industrial wastes as improvement materials in environmentally friendly forms was evaluated in this study.

**Keywords:** Soil Improvement, Industrial Waste, Enviromental Pollution

### 1. INTRODUCTION

Earthquakes that cause some geotechnical problems are experienced in today's Turkey. It can be said that these problems are mainly caused by the weak resistance of soils with low strength values to the effects that occur during an earthquake. In our country, which has an ever-growing construction sector volume, the importance of geotechnical engineering, which forms the basis of superstructure projects, is becoming more complex day by day. In this sense, it is seen that various ground improvement methods are applied in order to find the soils under the building sufficient in terms of engineering.

The engineering properties of soils, which are a load-bearing system under buildings, can vary in a wide range depending on environmental conditions other than soil type. The main engineering properties are certain variables such as soil density, water percentage, preconsolidation pressure, shear strength and permeability. In this regard, removing the soils that are not at the desired levels from the environment and replacing them with more suitable soils is unfortunately not recommended for economic reasons. Therefore, due to the existing characteristics of the soils in the field, it is obvious that the soils should be improved in terms of providing limitations at the desired levels and reaching the point that will constitute the design, and thus, increasing their strength and reducing their permeability.





During soil improvement, soil void ratios are reduced and the soil intergranular spaces can be filled with chemicals such as cement, lime, bentonite and waste materials at the current void ratio level [1]. In addition, poor soil properties are also very important. Because weak soils are soils with low strength, high compressibility, high void ratio, low plasticity, insufficient bearing capacity, high settlement and swelling potential, and high permeability problems. To give a general example, loose sandy soils are soft clay and silts with high lime content. By obtaining the results of the soils subjected to tests by applying admixture additions and compaction methods, the level of improvement can be measured and it is understood how much the soil can be improved.

Soil improvement methods are examined in two main groups: traditional and modern methods. These groups are examined in two different groups as superficial and deep improvements. Among the superficial improvements, there is compaction in which additive chemicals are not used. Under the same roof, additive remediation methods include fly ash, cement, solid waste remediation, sand remediation, and polymer remediation. Although deep improvements are actively used in cohesive and non-cohesive soils; Dynamic compaction, vibro-flotation, explosives-injection compaction are among them. In addition, soil reclamation is possible in cohesive soils specifically with the bootstrapping method, sand drains method, electro-osmosis method and heat improvement methods [2]. It is divided into six main headings within geotechnical engineering. These are respectively; In cohesionless soils, in-situ deep compaction, preloading, improvement with additives, thermal improvements and strengthening thanks to the use of geotextile-geosynthetics [3].

In this way, building foundations can be placed on soils that are placed at a certain density in terms of engineering and have appropriate values in terms of strength and settlement. In this study, chemical methods other than traditional methods for soil improvement are discussed and evaluations are made in terms of sustainability.

## 2. STUDIES ABOUT INDUSTRIAL WASTES USED IN SOIL IMPROVEMENT AREAS

Solid waste materials have come to the fore in our country in recent years among ground improvements. The use and recycling of solid waste, which is the most important element of environmental pollution, in the construction industry offers both economic and environmental advantages. Solid waste, which can be converted into secondary raw materials and used in other sectors, especially in construction, can offer an alternative to gaining profit from the world's limited reserves. Thus, important steps are taken in terms of sustainability.

The first of these, marble dust, is minimal-scale marble waste used as raw material in some industrial branches. While marble is subjected to cutting during its production, marble dust covers the environment. The obtained marble powders constitute 30% of the marble produced [4].

Preventing the environmental problems of dust released into the environment in marble production facilities can also provide benefits for the industry. In this regard, all options available for the use of marble dust contribute to production facilities and the country's economy, while the possibility of these facilities polluting the environment can be prevented [5].

In research conducted on the use of geological and asphalt mortar as a filler on roads open to medium-density traffic, it was measured that the fatigue life of mortars in which marble dust was used was reduced by 45% compared to asphalt concrete in which volcanic origin mortars were formed [6].

Lignites, one of the main energy sources of our country, are pulverized in thermal power plant boilers, turned into grains and subjected to incineration, and the fly ashes obtained as a result of the inorganic solid wastes produced here can reach sizes of up to 200  $\mu\text{m}$  [7].

In another study investigating the durability of fly ash and rice husks on clay soils, it was observed that rice husk and fly ash waste materials increased the unconfined compressive strength of clay by 12% to 25%, respectively, and it was recommended that the relevant soil could be used as a foundation sub-material in highway projects [8].



In a study conducted with ceramic powders, the index data of mixtures in which ceramic powders were added to the soil in the range of 0-30% with an increase of 5% were examined. As a result of the studies, it has been shown that ceramic powders can be used in ground improvement at doses up to 30% [9].

Apart from this, in a study examining waste tire textile fibers on the strength of sandy and clayey soils, 1% dose of waste textile fibers had a negative effect on the strength of clayey soils, while it had a positive effect on sandy soils [10].

It has been reported that when a material called bottom ash is added to cohesive soils with a 5% increase between 0-25%, it does not have a significant effect on the strength, deformation and elastic modulus properties up to 25% levels, but can show its importance at 30% levels [11].

In another study on the possibility of using cement, rice husk ash and calcium carbide waste as soil reinforcement products, it was observed that rice husk and calcium carbide waste increased the cohesion and internal friction angle of the soil [12].

In another study where the change in strength results was examined as a result of adding rubber fibers to a clayey soil in doses ranging from 0-10% with an increase of 2.5%, it was seen that the most reasonable results were obtained at 7.5% rubber fiber dosage levels and increased the strength value [13].

In studies conducted on the importance of solid waste management due to the problems that solid waste causes environmental problems, it has been revealed that the lack of existing solid waste management guidelines in the majority of cities and the lack of information about planning cause some problems due to some economic reasons. Today, the world population is increasing 2-3 times every year and the world population has reached 8 billion. Accordingly, it is presented in the study that environmental pollution can become a political problem in an executive that lacks planning and organization. It has been suggested that these problems can be solved by incineration in permanent storage areas and recovery silos. In this way, it was envisaged that a more suitable financial and political conjuncture could be achieved for the country [14].

### 3. CHEMICAL METHODS USED IN SOIL IMPROVEMENT AREA

Chemical stabilization is a soil improvement method in which desired changes in soil engineering properties are achieved as a result of mixing soils with certain chemicals. Cement, lime and other calcium-based chemicals, which are inorganic pozzolanic and cement-based binders, are discussed. While these methods create long-term changes in soil properties, they raise some environmental concerns [15]. They are basically examined in 4 main groups: biochemical methods, electrochemical methods, inorganic pozzolanic/cement based materials and organic polymeric binders.

In the biochemical method, a highly durable soil-chemical complex is formed, in which microorganisms allow environmental protection-based Calcium Carbonate precipitation, and thus, this product formed between the soil voids and the grains are bonded to each other [16].

In the electrochemical method, the movement of water to the cathode is achieved through the electric potential between two electrodes on the ground. Thus, the consolidation problem, which is the excessive pore water problem in fine-grained soils, is accelerated and at the same time, it is aimed to strengthen the soil by rapidly dewatering the soil and filling the grain voids with collodyl silica gels [17].

In the improvement made with inorganic pozzolanic/cement based materials, sodium silicate and cement-lime based chemical material, magnesium oxide etc. are used. Various chemicals are available.

Cement, the most important construction material, is used extensively in ground improvements. In this way, it increases the hardness, strength and endurance of weak soils. The basic principle in cement-



based improvements is cation-ion exchanges between calcium-based stabilizers. Agglomeration, pozzolanic reaction and cementation and hydration of the chemical material occur through these ion exchanges. In addition, the presence of high amounts of lime in the environment causes  $Ca^{+2}$  ions to increase, thus increasing the solubility and reactivity percentage of silica. In this way, cement and lime form Calcium Silica Hydrate (C-S-H) bonds between the soil grains, ensuring that the soil grains are bonded to each other. After this stage, durability and unconfined compressive strength increase in sandy and clayey soils. While the tightness and internal friction angle increase only in sandy soils, only in clayey soils, the risk of swelling-shrinkage of the soil decreases, as well as the increase in strength, thanks to the lime in the environment [18].

Lime, which is the most widely used industrial raw material and ranks 5th in terms of usage dosage, is a substance obtained by calcination of limestones and has been used as a construction material for a long time. Lime ( $CaO$ ) is produced as a result of the calcification of limestone containing calcium carbonate up to 1000 degrees, and calcium hydroxide is obtained as a result of its reaction with water (hydration). In addition to lime with high calcium dose, it is obtained from magnesium-containing dolomitic lime and slaked dolomitic lime, and the use of lime, which is the most well-known substance since ancient times, is available in many areas [19]. In the study on the stabilization of clays with high swelling potential by lime additive, it was found that the lime additive controlled the swelling potential by over 3%, as a result of the classical oedometer tests performed after the standard and modified proctor tests [20].

In another study on magnesium oxide, it was aimed to improve sandy liquefiable soils mechanically and hydrologically, and the Magnesium Oxide-Fine Sand complex was cured under completely saturated room conditions with a 2% dose increase in the range of 0-6%. As a result of the study, the soil internal friction angle improved and the soil elastic modulus and unconfined compressive strength increased. Thus, the potential for ground liquefaction is eliminated.

In addition to this information, there are various environmental concerns regarding chemical methods. It is possible for the chemicals used to evolve into different products due to adverse reactions that may occur during the formation of existing products due to their long-term presence in the region where they are contained. At this point, the expected pH values cannot be achieved and thus, the microorganisms in the area or the chemical form of the groundwater may change. In this sense, environmental pollution may have been created for the purpose of improvement. [21]

In this sense, in improvements made by chemical means, preliminary experiments should be repeated constantly and chemical analyzes of the area to be improved should be carried out very well. Thus, environmental pollution concerns can be prevented.

#### 4. CONCLUSION

The use of waste materials in soil reclamation is a frequently used topic today. These industrial wastes have been used in many theoretical and practical studies, either alone or mixed with other waste materials. While the environmental damage of wastes poses a high danger to nature, it seems obvious that the feasibility studies carried out by mixing them with other expensive chemicals used in the ground improvement sector at low rates or using them freely, will provide functional contributions to our country in environmental and economic terms, since the collection and disposal of these wastes creates some tax liabilities.

As a result of the studies carried out, it is aimed to reduce the negative situations that may arise as a result of the accumulation of industrial wastes in our environment, to liquidate and bring together the wastes and to reduce the tax and labor costs requested for this. In this way, the importance of this type of waste in the geotechnical engineering sector has increased day by day, by preventing the high costs required for the engineering improvement of the soils constituting superstructures and infrastructures. In this sense, it is likely that the recovery of all kinds of risky products that may harm the environment will have positive effects on global sustainability by paving the way for the partial or free use of industrial



wastes, as well as traditional chemical remediation methods, whose environmental effects are controversial in the ground improvement engineering market, which is open to development today.

In this way, building foundations can be placed on soils that are placed at a certain density in terms of engineering and have appropriate values in terms of strength. In this study, existing chemical methods other than traditional methods and methods using industrial waste in ground improvement are discussed and evaluations are made in terms of sustainability.

## REFERENCES

- [1] Mitchell, J.K., "Stabilisation of Soils for Foundations of Structures", Geot. Eng. Univ. California. 1976
- [2] Soysal, H.K., "İnşaat Mühendisliğinde Zayıf Zeminler ve Zemin İyileştirme Yöntemleri", MAS Journal of Applied Sciences, 6 (3) : 716-742, 2021.
- [3] Metchell, J. K. (1981). Soil improvement state-of-the-art report [C]. In Proceedings 10th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering (pp. 509-521). Balkema.
- [4] Demir İ., 2009, Mermer Tozu ve Atıkların Kullanım Alanları, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon
- [5] Ceylan H., 2000, Mermer Fabrikalarındaki Mermer Toz Atıklarının Ekonomik Olarak Değerlendirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- [6] Gürer C., 2005, Atık Mermer Parçalarının Bitümlü Yol Kaplamalarında Değerlendirilmesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Afyon.
- [7] Görhan G., Kahraman E. Başpınar S. M., Demir İ., 2009, Uçucu Kül Bölüm II: Kimyasal, Mineralojik ve Morfolojik Özellikler, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt: 5, No: 2, 33 – 42.
- [8] Brooks R. M., 2009, Soil Stabilization with Flyash and Rice Husk Ash, Temple University, Department of Civil and Environmental Engineering, Philadelphia 19122
- [9] Sabat K.A., 2012, Stabilization of Expensive Soil Using Waste Ceramic Dust, SOA University, Department of Civil Engineering, Bhubaneswar-751030, India
- [10] Abbaspour M., Aflaki E., Nejad F. M., (2019). Reuse of waste tire textile fibers as soil reinforcement. Journal of cleaner production, 207, 1059-1071.
- [11] Güllü H., (2014). Factorial experimental approach for effective dosage rate of stabilizer: Application for fine-grained soil treated with bottom ash. Soils and Foundations, 54(3), 462-477.
- [12] Liu Y., Chang C. W., Namdar A., She Y., Lin C. H., Yuan X., Yang Q., (2019). Stabilization of expansive soil using cementing material from rice husk ash and calcium carbide residue. Construction and Building Materials, 221, 1-11.
- [13] Yadav J. S., Hussain S., Tiwari S. K., Garg A., (2019). Assessment of the load–deformation behavior of rubber fibre–reinforced cemented clayey soil. Transportation Infrastructure Geotechnology, 6(2), 105-136. Yokohama S., Sato A., (2019). Cyclic mechanical properties of sandy soils by mixing recycled asphalt pavement material. International Journal, 16(58), 41-47.
- [14] Bozkurt Y., ve Yılmaz A., 2010, Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (Kükab) Örneği, Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.15, S.1 s.11-28
- [15] M. Gaafer, H. Bassioni, T. Mostafa Soil improvement techniques Int. J. Sci. Eng. Res., 6 (12) (2015), pp. 217-222
- [16] J.T. DeJong, B.M. Mortensen, B.C. Martinez, D.C. Nelson Bio-mediated soil improvement Ecol. Eng., 36 (2) (2010), pp. 197-210
- [17] S. Pamukcu, H.F. Winterkorn Soil stabilization and grouting Foundation Engineering Handbook (1991)
- [18] J.R. Prusinski, S. Bhattacharja Effectiveness of Portland cement and lime in stabilizing clay soils Transport. Res. Rec., 1652 (1) (1999), pp. 215-227
- [19] Çiçek T., 1999, Kireç ve Kullanımı, 3.Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, İzmir



[20] Bozkurt Y., ve Yılmaz A., 2010, Türkiye’de Kentsel Katı Atık Yönetimi Uygulamaları ve Kütahya Katı Atık Birliği (Kükab) Örneği, Dumlupınar Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.15, S.1 s.11-28

[21] Teker, A. S., Ö. Çinicioğlu ve M. Teker, “ Sıvılaşmaya Duyarlı Gevşek Doymuş Temiz Kumun Magnezyum Oksit ile Tedavisi ”, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 18.Ulusal Konferansı, Kayseri, 29-30 Eylül 2022, s. 579-590, Erciyes Üniversitesi, 2022, doi:10.5505/2022zmgm.SS-52

## CIRRICULUM VITEA

### **Ahmet Sinan TEKER, Araştırma Görevlisi**

Söz konusu yazar 1993 yılında İstanbulda doğmuştur. Lisans eğitimini Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde 2016 yılında tamamlamıştır. Yüksek Lisans eğitimine 2017 yılında Politecnico di Milano İnşaat Mühendisliği Bölümünde başlayarak, Boğaziçi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı’nda 2021 yılında tamamlamıştır. Özel vakıf üniversitelerinde Araştırma Görevliliği ve Öğretim Görevliliği kadrolarında görev alarak, sektörde Geoteknik Tasarım Mühendisi olarak çeşitli projelere imza atmıştır.

Yazarın Geoteknik Mühendisliğinin yeni bir bilim dalı olan Zemin iyileştirmeleri alanında 4 bildiri ve 1 makalesi bulunmaktadır.



4. RUMELİ SÜRDÜRÜLEBİLİR ÇEVRE İÇİN ENERJİ VE TASARIM SEMPOZYUMU  
4rd RUMELİ ENERGY AND DESIGN FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT  
SYMPOSIUM  
8-9 Şubat 2024 / February 8-9, 2024  
Haliç-Beyoğlu, İSTANBUL

ENDEKS

BAYAT	1, 84
BUYRUK	1,84
CAN	18, 101
CANER	1, 84
ÇAKMAK	36, 118
EVİRİM	50, 134
GÜNER	58, 142
KABAN	47, 131
KÖSE ULUKÖK	50, 134
KARTUNOV	26, 63, 108, 147
SARIYILDIZ	50, 134
SONER	66, 150
ŞEKERCİ	66, 150
ŞENSOY	78, 162
TAPHASANOĞLU	47, 131
TEKER	78, 162